

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

## Studium vlivu reliéfu ocelového substrátu na adhezi ochranných povlaků

Study of the Influence Relief steel Substrate on Adhesion of the  
Protective Coatings

Student:

Bc. Radim Sousedík

Vedoucí diplomové práce:

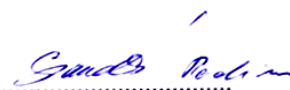
doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Ostrava 2011

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....13.5.2011.....

..........  
podpis studenta

### Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomové práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠBTUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomová práce, nebo poskytnutí licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě ..... 23.5. 2011 .....

.....  
podpis studenta

**Adresa trvalého bydliště studenta:**

Radim Sousedík  
Nový Malín 378  
788 03 Nový Malín, okr. Šumperk

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SOUSEDÍK, R.: *Studium vlivu reliéfu ocelového substrátu na adhezi ochranných povlaků*, Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011, 80 s. Diplomová práce, vedoucí: Podjuklová, J

Diplomová práce se zabývá studiem vlivu reliéfu ocelového substrátu na adhezi ochranných povlaků. V první části diplomové práce je věnována pozornost studii povrchu - především čistotě povrchu, mikrogeometrii a drsnosti. Dále pak studie adheze samotného substrátu a předběžných úprav. V další části teoretického rozboru je studie nátěrových systému a jejich aplikace na substrát, doplněna o vady v nátěrovém systému a také o korozi. V druhé části diplomové práce jsou navrženy, provedeny a zpracovány experimentální zkoušky hodnocení kvality ochranných nátěrových povlaků. Jedná se o porovnání dvou rozdílných typů nátěru, které jsou obohaceny o částičky pigmentu fosforečnanu zinečnatého ve velikosti mikrometrů. Na závěr celé diplomové práce je zhodnocení všech experimentálních zkoušek a výsledků, které byly dosaženy.

## ANNOTATION OF THESIS

SOUSEDÍK, R.: *Study of the Influence Relief steel Substrate on Adhesion of the Protective Coatings*, Department of Mechanical Technology VŠB – Technical University of Ostrava, 2011, 80 p. Thesis, head: Podjuklová, J

The thesis deals study of the influence relief steel substrate on adhesion of the protective coatings. The first part of the thesis is devoted to study surface – especially surface cleanliness, micro geometry and roughness. Furthermore the study adhesion of the substrate itself and preliminary are editing. The next part the theoretical analysis is the study of coating systems and their application to the substrate, accompanied by defects in the paint system and the corrosion. The second part of, the thesis are designed, implemented and developed experimental tests evaluating the quality of protective coating of paint. This is a comparison of two different types of paint, which are enriched with zinc phosphate pigment particles in the micron size. In the conclusion there is an evaluation of all the experimental tests and the results obtained from them.

## **Poděkování**

Je nutno uvést a poděkovat těm, bez kterých by se diplomová práce pravděpodobně neuskutečnila. Poděkování vedoucí práce paní doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc. za umožnění vypracovat diplomovou práci pod jejím vedením a katedrou, za kvalitní vedení a spoustu konstruktivních připomínek při vytváření práce.

Za konzultace, vysvětlení, vstřícnost, uskutečnění měření a celkovou odbornou radu při práci na diplomové práci, děkuji slečně Ing. Kateřině Suchánkové z katedry mechanické technologie VŠB-TU Ostrava.

## Obsah

<b>Seznam použitého značení.....</b>	<b>5</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>6</b>
<b>1 CHARAKTERISTIKA POVRCHU SUBSTRÁTU.....</b>	<b>7</b>
1.1 Čistota povrchu .....	7
1.2 Mikrogeometrie povrchu .....	8
1.3 Drsnost povrchu .....	8
1.3.1 Parametry Drsnosti.....	10
<b>2 ADHEZE SUBSTRÁTU .....</b>	<b>11</b>
<b>3 PŘEDBĚŽNÉ ÚPRAVY SUBSTRÁTU.....</b>	<b>12</b>
3.1 Mechanické úpravy materiálu.....	12
3.1.1 Otryskávání .....	12
3.1.2 Omílání.....	14
3.1.3 Kartáčování .....	15
3.2 Chemické úpravy povrchu .....	16
3.2.1 Odmašťování.....	16
3.2.2 Moření.....	17
<b>4 ORGANICKÉ NÁTĚROVÉ SYSTÉMY A METODIKA NANÁŠENÍ.....</b>	<b>18</b>
4.1 Složení nátěrových hmot .....	18
4.1.1 Dělení nátěrových hmot .....	18
4.1.2 Složení nátěrových hmot.....	19
4.1.3 Fosforečnan zinečnatý – antikorozi pigment pro ekologické nátěrové hmoty ....	20
4.2 Nanášení nátěrových hmot.....	21
4.2.1 Technologie nanášení nátěrových hmot štětcem.....	22
4.2.2 Nanášení navalováním .....	22
4.2.3 Nanášení namáčením .....	23
4.2.4 Nanášení pneumatickým stříkáním .....	23

4.3 Úpravy nátěrových hmot po nanášení .....	24
4.3.1 Sušení nátěrových hmot .....	24
4.3.2 Broušení nátěru .....	24
4.3.3 Leštění nátěru .....	24
<b>5 VADY POVLAKU.....</b>	<b>25</b>
5.1 Špatné zasychání nátěru .....	25
5.2 Hrubý, nečistý a zpěněný povrch.....	25
5.3 Puchýřky a zvedání nátěru .....	26
5.4 Krátery, dolíčky a póry .....	26
<b>6 KOROZE.....</b>	<b>27</b>
6.1 Koroze v atmosféře .....	28
6.1.1 Korozní agresivita atmosféry .....	28
<b>7 METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ.....</b>	<b>29</b>
<b>8 EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE .....</b>	<b>30</b>
8.1 Materiál.....	30
8.1.1 Vzorky trub - S355J2H .....	30
8.1.2 Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T .....	31
8.1.3 Vzorky broušené (standard) - CRS SAE 1008/1010.....	32
8.2 Fotodokumentace použitých vzorků pro DP .....	33
8.1.1 Vzorky Trub .....	33
8.2.2 Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T.....	34
8.2.3 Vzorky broušené (standard) - CRS SAE 1008/1010.....	34
8.3 Hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502 – 3.....	35
8.3.1 Hodnocení průměrného množství prachu .....	35
8.3.2 Hodnocení tříd velikosti prachových částic .....	36
8.3.3 Zhodnocení výsledků .....	36
8.4 Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287 .....	37
8.4.1 Měření drsnosti na trubách.....	38

8.4.2 Měření drsnosti na vzorcích plechu válcovaném .....	39
8.4.3 Měření drsnosti na vzorcích broušených STANDARD .....	40
8.4.4 Zhodnocení výsledku měření drsnosti .....	41
8.5 Chemický rozbor povrchu vzorků pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu (SEM mikroskopie) .....	42
8.5.1 Vzorek trub .....	42
8.5.2 Vzorek válcovaný .....	44
8.5.3 Vzorek Broušený STANDARD .....	45
8.6 Příprava vzorků pro nátěr .....	46
8.6.1 Značení vzorků .....	46
8.6.2 Odmašťování vzorků pomocí SIMPLE GREEN .....	47
8.7 Nátěrový systém použitý pro DP .....	47
8.7.1 Chemický rozbor mikročástic fosfátu zinku ZP10 .....	47
8.8 Aplikace nátěru na vzorky .....	49
8.8.1 Vytvrzování nátěru .....	49
8.8.2 Kontrola tloušťky suché vrstvy dle ČSN EN ISO 280 .....	49
8.9 Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou dle ČSN ISO 16276-2 .....	50
8.9.1 Vyhodnocení mřížkové zkoušky .....	52
8.9.2 Vyhodnocení zkoušky křížového řezu .....	58
8.9.3 Zhodnocení mřížkové zkoušky a zkoušky křížového řezu .....	61
8.10 Korozní zkouška nátěrů dle ČSN EN ISO 9227 .....	62
8.10.1 Vyhodnocení degradace nátěru .....	63
8.11. Zhodnocení korozní zkoušky .....	64
8.12. Fotodokumentace vzorků s nátěry na začátku po 24 hodinách a na konci cyklu v korozní komoře .....	66
8.12.1 Vzorky trub .....	66
8.12.2 Vzorky válcované .....	68
8.12.3 Vzorky broušené – STANDARD .....	70



<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>72</b>
	<b>Seznam použitých pramenů</b> .....	<b>74</b>
	<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>77</b>
	<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>78</b>
	<b>Seznam příloh</b> .....	<b>80</b>

## Seznam použitého značení

ČSN	Česká státní norma	
EN	Evropská norma	
ISO	Mezinárodní norma	
Ra	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rz	Největší výška profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rq	Střední kvadratická úchylka profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rp	Největší výška výstupků profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rv	Největší hloubka prohlubní profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
Rsk	Šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie)	
Rku	Špičatost posuzovaného profilu	
$\lambda_s$	Filtr, který definuje rozhraní mezi drsností a kratšími složkami vln přítomnými na povrchu	[mm]
$\lambda_c$	Filtr, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti	[mm]
$\lambda_f$	Filtr, který definuje rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln přítomnými na povrchu	[mm]
Sa	Normalizovaný stupeň čistoty povrchu: otryskávání	
ZP10	Obchodní označení pigmentu fosfátu zinku	
O	Kyslík	
Mg	Hořčík	
Al	Hliník	
Si	Křemík	
Ca	Vápník	
Fe	Železo	
Zn	Zinek	
Wt	Váhové množství	[%]

## ÚVOD

Ochranný nátěrový systém (povlak), který patří k hlavnímu bodu diplomové práce, je nedílnou součástí povrchových úprav v dnešní době. Je dokázáno, že ochranné nátěrové systémy tvoří nejméně 85% celosvětové produkce na protikorozi ochranu. Jsou tedy nepostradatelnou součástí povrchových úprav a je kladen velký důraz na jejich kvalitu. Než se ovšem dostaneme k samotnému nátěru, je velmi důležitá předúprava samotného povrchu.

Předúprava povrchu má významný vliv na přilnavost nátěrového systému k povrchu součásti, podílí se na celkovém vzhledu, odolnosti a životnosti nátěrového systému. V praxi se nejčastěji volí metoda otryskávání (viz kapitola 3.1.1) pro mechanické úpravy povrchu a odmašťování (viz kapitola 3.2.1) pro chemické úpravy povrchu.

Neustálý vývoj, zdokonalování nátěrového systému pomocí dnes už netoxických a ekologických pigmentů, které jsou obsaženy v nátěrovém systému jako ochranný účinek protikorozi ochrany (jako je třeba fosforečnan zinečnatý), splňují požadavky pro kvalitní antikorozi ochranu nátěrového systému, a proto patří k velmi rozšířeným a používaným pigmentům.

Předmětem diplomové práce je zkoumání vlastnosti povrchu materiálu pro kvalitní přilnavost nátěrového systému pomocí přidávání pigmentu v mikrometrech, který podstatně ovlivňuje antikorozi vlastnosti nátěrů.

## 1 CHARAKTERISTIKA POVRCHU SUBSTRÁTU

Makroskopická schránka objektu, jak je chápán povrch substrátu, tvoří viditelnou hranici mezi základním a okolním substrátem. Povrch objektu určuje jeho vzhled a tvoří fázové rozhraní mezi daným substrátem a prostředím.

U rozměrných objektů s malým poměrem velikosti k jeho objemu jsou dány chemické a fyzikální vlastnosti povrchu především vlastnostmi základního substrátu. Naopak u méně rozměrných objektů s velkým poměrem velikosti k jeho objemu jsou vlastnosti určeny povrchem substrátu. Funkční vlastnosti povrchu nejsou závislé jen na viditelné vnější vrstvě, ale hlavně na podpovrchových vrstvách. [2]

Oblast	Rozměr	Funkční ovlivnění
Horní vrstva	0,1 nm	Adsorpce, chemická reaktivita
Tenký film oxidace	0,1 ÷ 100 nm	Odrazivost, tření, koroze, tepelná vodivost
Vnější povrchová vrstva	0,1 ÷ 10 µm	Deformace struktury
Celková vrstva	> 100 µm	Adheze, nátěry

Tab. 1 Rozdělení oblasti povrchu [4]

### 1.1 Čistota povrchu

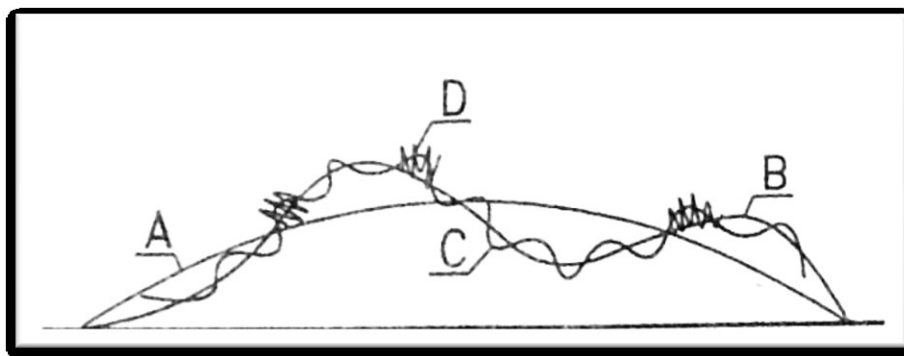
Čistota povrchu je jeden ze dvou důležitých parametrů pro určení stavu povrchu před aplikací nátěru (včetně korozních změn).

Získat kovově čistý povrch je velmi obtížné. Důvodů je hodně, například i neobyčejná reaktivita povrchových atomů slučujících se s nečistotami, které se nacházejí v jejich bezprostřední blízkosti. Dalším problémem znečištění kovů jsou mastné kyseliny, které se na povrch dostávají z ovzduší nebo při manipulaci pracovníkem. I na očištěném povrchu se monomolekulární film mastné kyseliny vytvoří velkou rychlostí a může ovlivnit začátek reakce. [5]

## 1.2 Mikrogeometrie povrchu

Jednoduše řečeno, nikdy nedocílíme ke geometricky dokonalému rovinnému povrchu, zvláště pak k povrchu technickému. Nerovnosti vznikají při přípravě povrchu. Mohou být také důsledkem působení vnějších sil nebo prostředí. Standardně rozlišujeme čtyři druhy nerovností, viz Obr. 1 [1]

- **mimořádné nerovnosti (makronerovnosti)** - jde o trhliny, náhodné nerovnosti odlitků, výkovků a nepravidelné rýhy (A),
- **vlnitost povrchu** – jde o periodicky opakující se nerovnost, která vzniká hlavně při obrábění, a to chvěním stroje, nástroje a obráběné součásti (B),
- **drsnost povrchu (mikronerovnost)** – nerovnosti pravidelně se opakující, jsou podmíněné technologickým pochodem (C),
- na mikronerovnost se ještě superponují **ultramikronerovnosti**, které jsou dány snahou dosáhnout nejstabilnějšího stavu krystalického povrchu (D).



Obr. 1 Schéma nerovností povrchu různého druhu [1]

## 1.3 Drsnost povrchu

Drsnost povrchu je druhý důležitý parametr pro určení stavu povrchu před aplikací nátěru. Jedním ze základních způsobů posuzování kvality povrchu je právě měření drsnosti povrchu. Je vyhodnocován ze sledované plochy povrchu a pak je většinou charakterizován pomocí veličin daných normou ČSN EN ISO 4287. [13]

**Norma ČSN EN ISO 4287 definuje tyto geometrické parametry:** [13]

R pro drsnost povrchu,

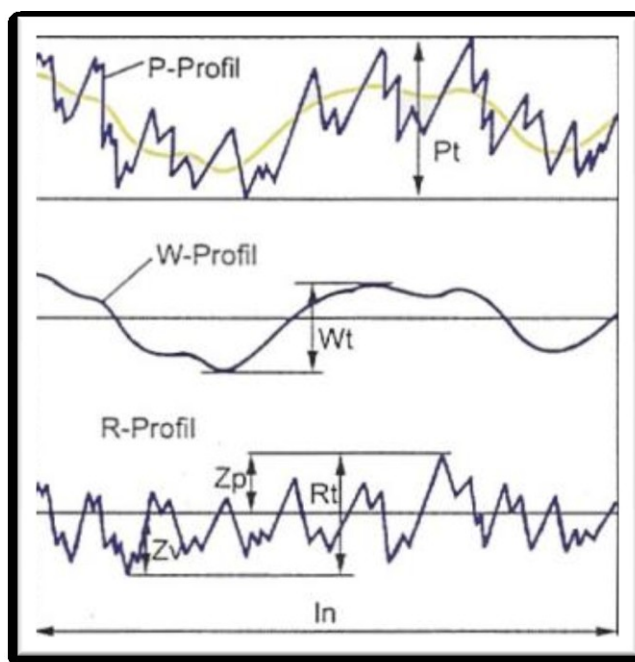
W pro vlnitost povrchu,

P pro základní profil.

Profil drsnosti (R profil – roughness profile) – profil odvozený ze základního profilu potlačením dlouhovlnných složek použitím filtru profilu  $\lambda_c$ ,

Profil vlnitosti (W profil – waviness profile) – profil odvozený postupnou aplikací filtru profilu  $\lambda_f$  a filtru profilu  $\lambda_c$  na základní profil, potlačující dlouhovlnné složky filtrem profilu  $\lambda_f$  a krátkovlnné složky filtrem profilu  $\lambda_c$ ,

Základní profil (P profil – primary profile) – profil vznikl jako průsečnice skutečného povrchu a dané roviny.



Obr. 2 Profil povrchu [13]

Základním prvkem prostředků na měření parametrů struktury povrchu je filtr profilu (filtr rozděluje profily na dlouhovlnné a krátkovlnné složky). Jedná se o složky signálu různých vlnových délek. Ty přísluší základnímu profilu, tj. profilu vlnitosti a profilu drsnosti. [6]

$\lambda_s$  filtr profilu – filtr, který definuje rozhraní mezi drsností a kratšími složkami vln přítomnými na povrchu,

$\lambda_c$  filtr profilu – filtr, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti,

$\lambda_f$  filtr profilu – filtr, který definuje rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln přítomnými na povrchu.

## 1.3.1 Parametry Drsnosti

### Největší výška výstupku profilu $R_p$ :

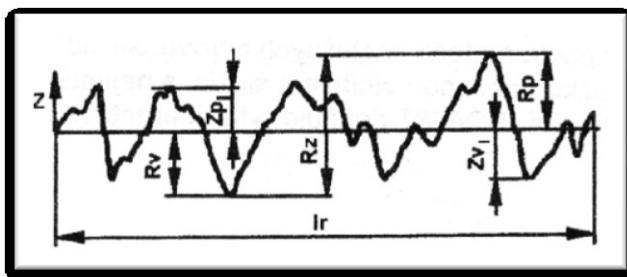
- výška největšího výstupku profilu v rozsahu základní délky  $l_r$ .

### Největší hloubka prohlubně profilu $R_v$ :

- hloubka nejnížší prohlubně profilu v rozsahu základní délky  $l_r$ .

### Největší výška profilu $R_z$ :

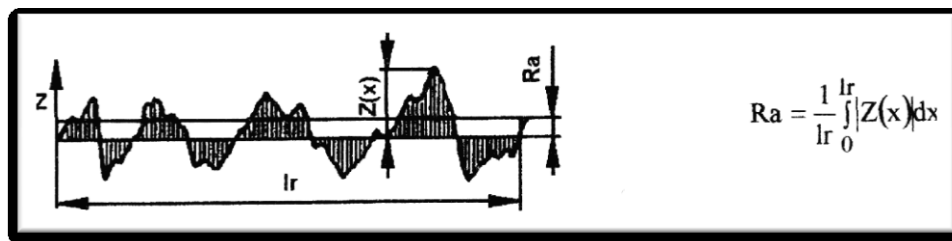
- součet výšky největšího výstupku a hloubky nejnížší prohlubně v rozsahu základní délky  $l_r$ .



Obr. 3 Parametr  $R_z$  [6]

### Střední aritmetická odchylka profilu $R_a$ :

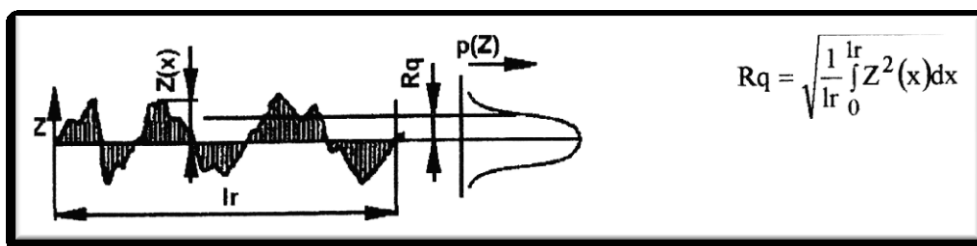
- aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic  $z(x)$  v rozsahu základní délky  $l_r$ . Vypovídající schopnost parametru  $R_a$  je nízká,  $R_a$  nereaguje citlivě na extrémní výšky hrotů profilu a hloubku rýh profilu.



Obr. 4 Parametr  $R_a$  [6]

### Průměrná kvadratická odchylka profilu $R_q$ :

- průměrná kvadratická hodnota pořadnic  $z(x)$  v rozsahu základní délky  $l_r$ . Parametr  $R_q$  má význam při statistickém pozorování profilu povrchu.



Obr. 5 Parametr  $R_q$  [6]

## 2 ADHEZE SUBSTRÁTU

Adheze neboli přilnavost je soubor chemických, fyzikálních a mechanických sil vztažených na jednotku plochy, kterými jsou dvě rozdílné fáze vázány k sobě. Jednoduše je to schopnost nátěrového systému a ocelového substrátu vytvářet mezi sebou pevnou vazbu. [10]

Adheze je velmi důležitou vlastností systému tenká vrstva – substrát. Závisí na druhu substrátu a nátěrového systému, na technologii nanášení nátěrového systému a také na předúpravě povrchu substrátu. Adheze je podle vzniku popsána pěti následujícími mechanismy: [10]

mechanická adheze – jde o tzv. suchý zip, kdy dvě fáze do sebe čistě mechanicky zapadají,

chemická vazba – dvě fáze vzájemně vytváří sloučeninu, a tak drží pohromadě,

elektrostatická přitažlivost – vzniká mezi dvěma opačně nabitými povrchy,

difuzní adheze – fáze vzájemně difundují do sebe,

disperzní adheze – je dána přitažlivostí Van der Waalsových sil.



## 3 PŘEDBĚŽNÉ ÚPRAVY SUBSTRÁTU

Předběžné úpravy slouží k očištění povrchů kovů od vázaných látek před aplikací povrchových úprav. Máme tak snahu vytvořit kovově čistý povrch. Jsou to např. nečistoty vázané k povrchu mechanicky (mastnoty, zbytky past, mazadel, prach atd.) nebo nečistoty vázané chemicky (oxidy, rez, okuje atd.). Tyto nečistoty velice snižují provedení povrchových úprav a jejich kvalitu. Je nutno tyto nečistoty co nejlépe odstranit z povrchu materiálu. Metody, které nám toto usnadní: [3]

- Mechanické úpravy povrchu
- Chemické úpravy povrchu

### 3.1 Mechanické úpravy materiálu

Účelem těchto úprav je co nejlepší očištění povrchu materiálu (odstranění okují) a vytvoření co nejlepších podmínek pro zakotvení povlaku (nátěru). Musíme zde vylepšit mechanické vlastnosti (pevnost, mez únavy) a vzhledové požadavky. [3]

#### 3.1.1 Otryskávání

Otryskávání je proces mechanického opracování povrchu proudem tryskacího materiálu. Tryskací materiál je vrhán o vysoké rychlosti proti povrchu součásti. Při otryskávání vzniká charakteristická morfologie povrchu, jež je dána zejména rychlostí letu zrna, úhlem dopadu, jakostí substrátu, tvrdostí zrna a tvarem užitého zrna tryskacího materiálu. [3]

Metoda otryskávání je používána nejen pro očištění povrchu, ale i k vytváření kotvícího profilu před nanesením nátěrového systému, nebo pro zlepšení mechanických vlastností a vzhledu. Otryskávání je také užíváno jako velice produktivní způsob čištění a přípravy povrchu pod nátěry, smalty, žárové nástřiky kovů a keramických materiálů. Významný vliv na vlastnosti a vzhled povrchu má tvar tryskacích těles. [3]

Otryskávací materiál je volen dle druhu upravovaného povrchu, stupně znečištění a tloušťky stěn předmětu z těchto druhů:

křemičitý písek – jde o materiál s ostrohrannými zrny. Využívá se pro pneumatické otryskávání. Nevýhodami je nadměrné tříštění a prašnost,

litinová drť – její výhodou je větší trvanlivost, rovnoměrnější jakost a zrnitost a vyšší schopnost úběru než u křemičitého písku. Nevýhodou se stává vyšší cena a neschopnost otryskávat barevné kovy a nerezavějící ocele,

brusiva – jedná se o karbidy křemíku a umělý korund. Zrno je ostřejší, stejnoměrnější a trvanlivější než křemičitý písek, i provoz je méně prašný,

sekaný drát – má nejvyšší pevnost. Je hospodárnější i přes jeho vyšší cenu, jelikož se nedrtí a neštěpí,

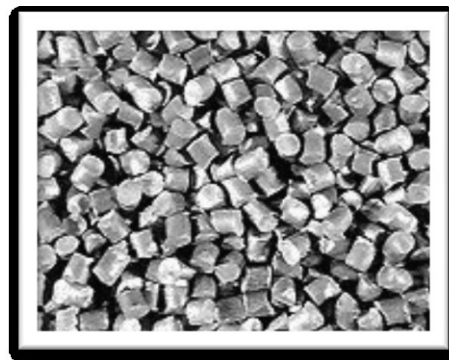
balotina – jsou to skleněné kuličky. Používají se pro vyhlazování a leštění. Povrch je odolnější proti poškození a korozi,

speciální materiály – použití pro dosažení matného a pololesklého povrchu barevných kovů. Jde o drť z pecek a plastické hmoty.

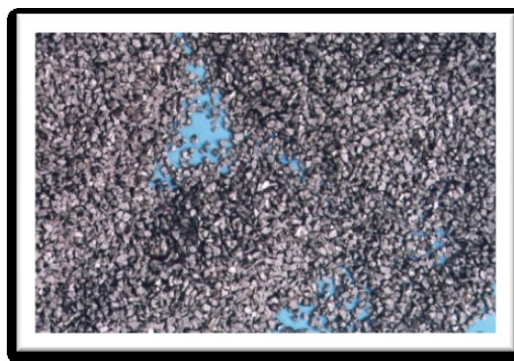
## Ukázka některých otryskávacích materiálů:



a)



b)



c)

Obr. 6 a) křemičitý písek [14], b) sekaný drát [15], c) litinová drť [16]

## **Stupně otryskaného povrchu: [12]**

Hodnocení kvality tryskaného povrchu je hodnoceno čtyřmi stupni:

- **Sa 1** – lehké otryskání povrchu (na povrchu není zjištěna přítomnost olejů, mastnot a nečistot stejně jako nepřilnavé okuje, rez, nátěry a cizí látky).
- **Sa 2** – důkladné otryskání povrchu (na povrchu není zjištěna přítomnost olejů, mastnot, nečistot a téměř žádné okuje, rez, nátěry a cizí látky, všechny zbytky nečistot jsou pevně přilnavé).
- **Sa 2 ½** - velmi důkladné otryskání povrchu (není zjištěna přítomnost olejů, mastnot, nečistot, okují, rzi, zbytků nátěrů a cizích látek, všechny zbylé stopy nečistot musí být pouze stíny ve formě skvrn nebo pásů).
- **Sa 3** – vizuálně čistý ocelový povrch (není zjištěna přítomnost olejů, mastnot, nečistot, okují, rzi, zbytků nátěrů a cizích látek, povrch musí vykazovat jednotný kovový vzhled).

### 3.1.2 Omílání

Je vhodné především pro menší předměty oblých tvarů do váhy asi 1kg. Spočívá ve vzájemném odírání předmětu, omílajících těles, brusiva a kapaliny v otáčejícím se bubnu nebo zvonu. Větší předměty je možné omílat, ale je nutné je upevnit do přípravku v omílacím zařízení. [11]

#### **Výhody:**

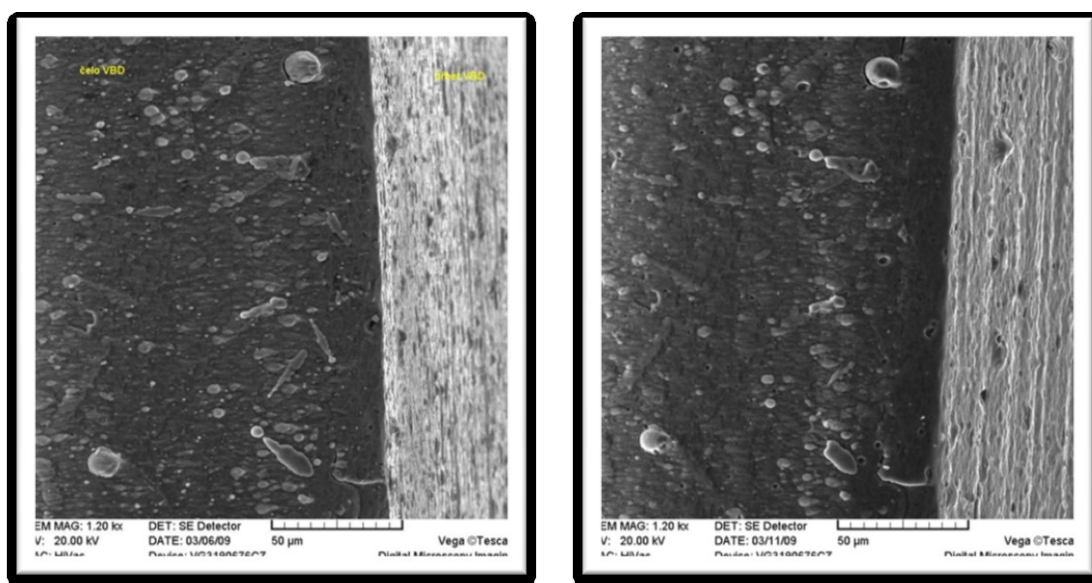
Snižují se výrobní náklady, provoz je levný, zvyšuje se výrobnost, snižuje se zmetkovost, zlepšuje se povrch a korozní odolnost. [11]

## Omílání ovlivňují tyto činitele:

Doba omílání, průměr bubnu a jeho otáčky, tvar a velikost součástí, plnění bubnu, poměr množství součástí a omílacích těles. [11]

## Omílací tělesa:

Přírodní nebo umělé kameny, jako je křemen, žula, čedič, vápenec, **umělý korund**. Mohou se použít i organické hmoty, kožené odpady... Poměr počtu součástí a omílacích těles se volí obvykle 1:3, u těžšího předmětu 1:10 až 1:30. [11]



*Obr. 7 Porovnání materiálu vlivem omílání před a po aplikaci [11]*

### 3.1.3 Kartáčování

Kartáčováním lze provádět dvě základní úpravy povrchu. Jednak slouží k odstraňování hrubých nečistot, jako je rez, starý nátěr apod. Lze ho také užít ke zjemnění povrchu před leštěním a pro dosažení stejnoměrného vzhledu. V prvním případě, tedy při odstraňování hrubých nečistot, se používají kartáče s ocelovými dráty. V případě matové úpravy povrchu se užívá kartáčů s jemnými dráty, např. mosaznými. Pro zjemnění povrchu před leštěním užijeme kartáče s přírodními nebo umělými vlákny (např. sisal, silon), které jsou mazané brusnými pastami. [3]

## 3.2 Chemické úpravy povrchu

Zahrnují způsoby úpravy, při kterých reagují chemická činidla s nečistotami na povrchu materiálu. Těmito metodami se obvykle připravuje povrch pro různé povlaky. Základními druhy chemických úprav je odmašťování a moření.[3]

### 3.2.1 Odmašťování

Odmašťování má za úkol odstranit mastnoty, prach, soli a jiné chemické látky z povrchu materiálu. Společně s čištěním jsou vytvořeny předpoklady pro kvalitní přilnavost nátěru k povrchu dílce. Odmašťování je prováděno mnoha způsoby, které se i vzájemně kombinují: [3]

#### **Odmašťování dělíme dle použitého odmašťovacího prostředku na odmašťování:[3]**

- v alkalických roztocích,
- v organických rozpouštědlech,
- elektrolytické,
- v neutrálních roztocích,
- emulzní.

#### **Odmašťování v alkalických roztocích: [3]**

Je proces poměrně složitý. Mastné kyseliny se neutralizují a přejdou do roztoku jako rozpustná mýdla. Povrchově aktivní mýdla snižují povrchové napětí mezi roztokem a mastnotou, příznivě působí na průběh odmašťování. Alkalické odmašťovací prostředky obsahují louh nebo sodu, fosforečnany a uhličitany. Roztok musí mít dostatečnou alkalitu, aby nedošlo k hydróze mýdla. Teplota roztoku při ponorném odmašťování ocele je větší než 80°C, při postřiku alespoň 60°C. Při ponoru je doba ponoření 5 – 10 min, podle znečištění. Po odmaštění se musí odstranit z povrchu zbytky alkálií - opláchnutím horkou vodou.

## 3.2.2 Moření

Moření je odstraňování různých oxydických nečistot (okuje, rez) z povrchu kovu chemickým způsobem. Působením kyselin nebo louhů se oxidy převedou na rozpustné soli, které se z povrchu opláchnou vodou. Provádí se nejčastěji v kyselinách. V praxi se nejčastěji používá kyselina sírová  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , kyselina fosforečná či solná.

Nevhodně provedené moření, především operace po moření, může být také příčinou poškození nátěrů. Mezi zvláštní metody patří moření v parách chlorovodíku nebo moření v taveninách.

## 4 ORGANICKÉ NÁTĚROVÉ SYSTÉMY A METODIKA NANÁŠENÍ

Organické nátěrové hmoty jsou nejstarším, nejužívanějším a stále nejekonomičtějším prostředkem ve všech průmyslových odvětvích. Tvoří velké procento všech povlaků. Patří mezi pórovité (avšak nikdy nejsou úplně bezpórovité) organické povlaky, které často využívají antikoročních pigmentů a inhibitorů koroze. Tyto nátěrové systémy zvyšují životnost materiálu tak, že zamezují přístupu vody a agresivních koročních složek k povrchu materiálu. Dále mají poměrně vysoký ochranný účinek a snadno se vytvářejí. Jejich aplikace nevyžaduje složitá a komplikovaná zařízení, nejsou omezená tvarem a velikostí výrobku, nátěry jsou poměrně dobře opravitelné. Nanesený nátěrový systém je jednvrstvý nebo vícevrstvý ucelený ochranný povlak. Podle účelu nátěru rozeznáváme nátěry: [3]

- Ochranné,
- Dekorativní,
- Speciální,
- Signální,
- Maskovací.

### 4.1 Složení nátěrových hmot

Nátěrová hmota je pojmem pro všechny výrobky používané k provádění nátěru. Je to organická látka různých druhů, která může být nanášena buď v tekutém, nebo těstovitém stavu a vytvoří potřebný povlak požadovaných vlastností. [3]

#### 4.1.1 Dělení nátěrových hmot

1. transparentní – průhledný nátěrový film (lak nebo fermež)
2. pigmentové – neprůhledný film (email, tmel, barva)

## 4.1.2 Složení nátěrových hmot

- filmotvorné složky (pojiva) - jsou to netěkavé organické látky, které mají schopnost vytvářet tuhý souvislý film a jsou schopny vázat dispergované částice pigmentu a plniv v zaschnutém filmu. Mezi filmotvorné látky patří vysychavé oleje, přírodní a umělé živice, asfalty atd. Mají zásadní vliv na některé vlastnosti nátěrového filmu, jako je propustnost, lesk, přilnavost, pružnost, tvrdost a chemická odolnost. [3]
- těkavé složky (rozpouštědla) - slouží k rozpuštění filmotvorných látek. Funkční úloha těkavých látek je úprava viskozity (konzistence) nátěrové hmoty. Tím se umožní nanesení nátěrové hmoty na povrch. Je nežádoucí, aby zbytky těkavých složek zůstaly v nátěrovém povlaku, snižuje se tak jeho odolnost především proti působení kapalného agresivního prostředí. Mezi nejběžněji užívaná rozpouštědla patří benzíny, alkoholy, ketony terpentýnové silice a jiné. [3]
- pigmenty – dodávají nátěrovému filmu zbarvení a neprůhlednost. Pigmenty také omezují stárnutí nátěrů a zvyšují jejich tepelnou a korozní odolnost. Jsou to organické nebo anorganické částičky, které jsou jemně rozptýleny v pojivu. Dle jejich funkce při ochraně proti koroznímu napadení rozdělujeme pigmenty do tří skupin: [3]
  - inhibitorové pigmenty (suřík olovnatý, zinková žlut', zinkový prach, olovičitan divápenatý, suboxid olova)
  - neutrální pigmenty (chroman olovnatý, titanová běloba, zinková běloba, oxid železitý, hliníkový bronz, slída)
  - stimulující pigmenty (grafit, saze, některé oxidy železa)
- plnidla – jsou jemně rozemleté minerální látky (těživec, mastek, křída) nerozpustné v pojivech, které upravují technologické vlastnosti nátěru [3]
- aditiva – sušidla, emulgátory, stabilizátory. Jsou to přísady do nátěrových hmot obsahující vysychavé oleje. Používají se při výrobě fermeží olejových nátěrových hmot. Základní účinnou složkou jsou kovová mýdla. [3]



## 4.1.3 Fosforečnan zinečnatý – antikorozi pigment pro ekologické nátěrové hmoty

Antikorozi pigmenty lze definovat z hlediska jejich funkce inhibitoru koroze jako látky, které po přidání do koroziho prostředí v malé koncentraci snižují rychlost koroze. Mezi tradiční antikorozi pigmenty patřily v minulosti sloučeniny na bázi olova a šestimocného chrómu. Tyto látky sice mají vynikající účinnost při ochraně kovového podkladu před korozi, avšak dnes jsou již považovány za látky toxické. Použití se z těchto důvodů omezilo a začal vývoj dalších pigmentů, jejichž antikorozi účinnost je srovnatelná i za předpokladu jejich zdravotní nezávadnosti. Např.: fosforečnan zinečnatý, který dnes řadíme mezi nejrozšířenější netoxické antikorozi pigmenty. [7]

Fosforečnan zinečnatý se svými antikorozi vlastnostmi přibližuje inhibičně účinným chromanovým pigmentům. Princip inhibičního efektu fosforečnanu zinečnatého, ale i ostatních fosfátových pigmentů, je založen na působení vlhkosti. Dochází pak k pomalé postupné hydrolyze fosfátu, přičemž vzniká hydroxid zinečnatý a sekundární fosfátové ionty. Pro antikorozi účinky je velice důležitá krystalová voda, pomocí které pigment vytváří komplexní hetero kyseliny, které reakcí s hydroxylovými nebo karboxylovými skupinami pojiva a povrchem kovu (Fe) tvoří těžce rozpustné inhibiční komplexy. [7]



Obr. 8 Fosforečnan zinečnatý [21]

## 4.2 Nanášení nátěrových hmot

Je to pokrývání povrchu předmětů tenkými povlaky barev, laků a jiných hmot, které chrání povrch předmětů proti nepříznivým povětrnostním a jiným vlivům. Správná volba nanášení nátěrových hmot patří mezi nejdůležitější a nejvíce ovlivňující faktory pro jakost a celkovou životnost nátěrů. Způsobů nanášení je v dnešní době mnoho, každý má své výhody či nevýhody. [3]

**Při volbě technologie nanášení nátěrových hmot je nutno zvážit tato hlediska: [17]**

- předmět (velikost, tvar, množství),
- požadované finální vlastnosti nátěru (vzhled, tloušťka, stupeň namáhání),
- kvalita povrchu (pórovitost, stupeň čistoty, předběžné úpravy),
- vlastnosti nátěrových hmot (reologické, rychlost zasychání, slévatelnost, měrná vodivost ap.),
- pracnost a ekonomie použití,
- ekologické ovlivnění životního prostředí.

**Metody nanášení nátěrových hmot:[3]**

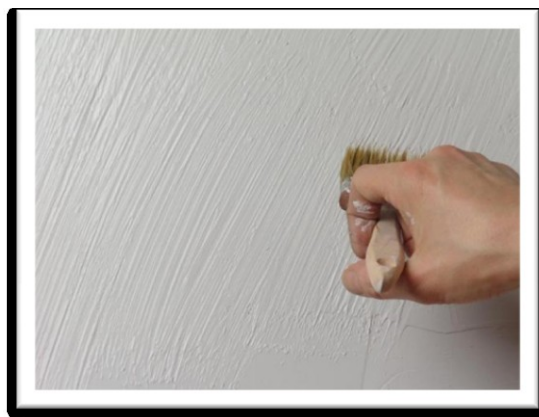
- štětcem,
- navalováním,
- namáčením,
- poléváním,
- pneumatickým stříkáním,
- stříkáním ohřátých nátěrových hmot,
- vysokotlakým stříkáním.

## 4.2.1 Technologie nanášení nátěrových hmot štětcem

Nejpoužívanější a nejstarší způsob ručního nanášení vyžadující řemeslnou zručnost a svědomitost. Jsou potřebné také kvalitní a udržované štětce, kde délka štětín nemá být delší než 5cm. Delší štětiny se používají pro řidší nátěrové hmoty, kratší pro hustší nátěrové hmoty. [3]

Používá se pro aplikaci nátěrů na malé plochy, nebo všude tam, kde bychom jinými metodami nanášení nedosáhli potřebné kvality. Výraznou výhodou této metody jsou minimální ztráty nátěrové hmoty. Postup nanášení je jednoduchý. Ponor do nátěrové hmoty, otření o hranu nádoby (z důvodu odstranění přebytku) nanesení 3 - 4 tahy za mírného tlaku (tlak na štětec se stupňuje tahy). [3]

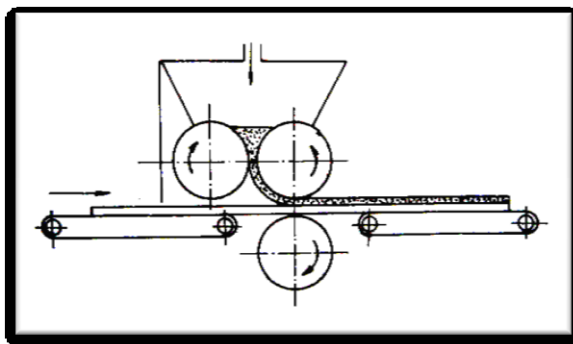
V další operaci se nátěrová hmota roztírá kolmo na původní nátěr. Štětcem se nanáší základní nátěry, dosahuje se tak dokonalé soudržnosti (přilnavosti) nátěru k podkladu. [3]



*Obr. 9 Ukázka nanášení nátěru štětcem*

## 4.2.2 Nanášení navalováním

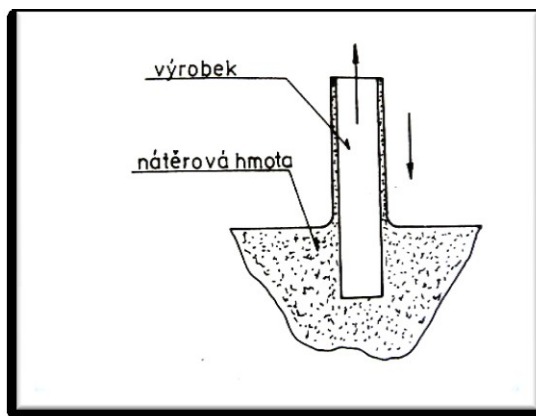
Vhodné pro nanášení na rovinné plochy (dynamové a transformátorové plechy, obaly, linolea). Předností jsou malé ztráty (2 - 5%) a možnost dokonalé mechanizace a automatizace. Nátěrová hmota se nanáší nejméně třemi válci, válce jsou ze speciální gumy a dávkuje se čerpadlem z nádrže. Používá se větší konzistence, ředidlo nesmí obsahovat aromatické uhlovodíky, aby nenaleptávali válce. Tloušťka se reguluje vzdáleností válce, rychlostí a směrem otáčení. [3]



Obr. 10 Schéma navalovacího zařízení se třemi válci [3]

## 4.2.3 Nanášení namáčením

Předmět se namočí a rovnoměrnou rychlostí se vytahuje. Nátěr je klínovitý a jeho tloušťka závisí na konzistenci nátěru a na rychlosti vytažení. Vhodné pro velkosériovou výrobu. Tvary namáčecí vany musí odpovídat rozměrům výrobků. Veliké nejsou vhodné, z důvodu velké spotřeby hmoty. Správná spotřeba nátěrové hmoty je minimálně 10% obsahu vany za směnu. [3]



Obr. 11 Schéma nanášení máčením [3]

## 4.2.4 Nanášení pneumatickým stříkáním

Nejrozšířenější způsob nanášení pro rychle schnoucí nátěry celulózové a syntetické. Vhodné na velké plochy, k dosažení rovnoměrného nástřiku a hladkého povrchu, a pro mechanizaci a automatizaci. Základem je stříkácí pistole, ze které je pod tlakem stříkán kužel jemných kapek. Nedostatkem je rozptyl barvy a ztráty rozpouštědla. Stříká se ve stříkacích kabinách kvůli snížení rozstřiku a zneškodnění těkavých látek. Kabinky mohou být stolové, podlahové a tunelové. [3]

## 4.3 Úpravy nátěrových hmot po nanášení

### 4.3.1 Sušení nátěrových hmot

Zasychání na vzduchu - zasychají hmoty celulózové, lihové, asfaltové... Zasychají jak fyzikálně tak chemicky. Musíme dbát na vytvoření ideálních podmínek. Teplota prostředí je v rozmezí 18 - 25°C, při nižší teplotě se zasychání zpomalí. Podmínkou je vlhkost asi 75% a bezprašné prostředí. Zasychání zhoršuje přítomnost voskovitých, mastných a olejovitých látek pod nátěrem. Důležitý je dostatečný přísun vzduchu. [3]

Přisoušení při teplotě 40 - 60°C – vzduch se ohřívá topnými tělesy, kde proudění je zabezpečováno obvykle pomocí ventilátorů. Je nutno dbát na dokonalou čistotu zařízení, kvůli nečistotám. Vypalovací zařízení jsou buď komorová, nebo průběžná. Horký vzduch musí kolovat tak, aby výrobky byly cirkulujícím vzduchem dokonale obklopeny. [3]

Vypalování při teplotě 80 - 250°C – různé metody (vypalování infračerveným zařízením, indukční vypalování nátěru, vytvrzování nátěru ultrafialovým zářením a elektronovým zářičem). [3]

### 4.3.2 Broušení nátěru

Broušením odstraňujeme nerovnosti na nátěru a tmelu, který tvoří podklad pro další nátěr. Používá se různých druhů brusných past, papírů, ocelových vln, žíní... Při broušení nátěru, které by byly v dalších operacích broušeny, se používá brusivo s jemným zrněním. Při broušení je nutno dbát na neporušení podkladového materiálu, tedy podbroušení. Nátěr musí být dostatečně zatvrdlý a dokonale zaschlý. Nátěry se brousí buď za sucha, nebo za mokra, při použití kapalin.

### 4.3.3 Leštění nátěru

Leštění slouží k docílení vysokého lesku na konečném nátěru u některých druhů nátěrových hmot. Při leštění se nejdříve nátěr za mokra vybrousí jemným brusným papírem a posléze leští pastou, nebo roztěrkou, která se používá k rozhlazování a leštění nebo politurování, pro zvýšení lesku dýhovaných dílů a povrchů lakovaných lakem.

## 5 VADY POVLAKU

Před vlastní aplikací nátěrového systému je velice důležitá předúprava chráněného povrchu, protože je dokázáno, že cca 70% poškození nátěrů je způsobeno nekvalitně provedenou přípravou upravovaného povrchu. Mohou nám tedy vzniknout různé vady v povlaku, viz další body. Při navrhování a volbě ochrany daného základního materiálu pomocí nátěrových hmot z organických povlaků bychom proto měli problematiku posuzovat komplexně a nepodceňovat ji. [9]

### 5.1 Špatné zasychání nátěru

Nadměrná tloušťka nánosu nátěrové hmoty má rozhodující vliv na rychlost zasychání a na zhoršenou kvalitu filmu, zvláště u nátěrových hmot schnoucích na vzduchu (olejové, alkydové). Nanesená vrstva se rychle potahuje tenkou povrchovou blánou, která zadržuje rozpouštědla uvnitř nátěru a brání přístupu vzdušného kyslíku.

Tím se prodlužuje zasychání a nátěr je dlouho neschopný další manipulace, např. přetírání, broušení či mechanických tlaků při další manipulaci s výrobkem. Mohou se projevit i další závady, jako je svrašťování, čeříinkování a stékání na svislých plochách.

Nátěry jsou dlouho živé, při větším tlaku mazlavé a choulostivé na mechanické poškození. Opožděné vytvrdnutí nátěru zvyšuje náchylnost povlaku ke znehodnocení vodou, vlhkostí, chemickými exhaláty i pevnými nečistotami. [18]

### 5.2 Hrubý, nečistý a zpěněný povrch

Vady svědčí o přítomnosti vody na povrchu předmětu nebo v rozprašovacím vzduchu ze stříkacího zařízení. Důvodem vady může být také použití necezené nátěrové hmoty nebo směsi blízké gelovému stavu při dlouhém časovém odstupu od namíchání k nanášení. [18]

## 5.3 Puchýřky a zvedání nátěru

Vady vznikají hlavně tlakem rozpouštědel snažících se proniknout na povrch nátěru. Také při unikání bublinek vzduchu při nátěrech porézních podkladů nedostatečně opracovaného a impregnovaného nevytmeleného hrubého odlitku. Tato vada se projevuje většinou u nátěrů zasychajících za vyšších teplot. Také rez nadzvedá nátěrový film v podobě puchýřků, až překoná soudržnost povlaku a pronikne na povrch. [18]

## 5.4 Krátery, dolíčky a póry

Vady se na nátěrech tvoří v důsledku nežádoucích příměsí v nátěrové hmotě, v nečistotách na povrchu pod nátěrem i v nedostatečné úrovni čistoty pracoviště. Jsou to i malá množství mastnoty, zrnka prachu, kapičky oleje, dešťová voda a rosa na nátěru. K nejrozsáhlejším defektům patří dolíčkování (až tvorba kráterků) v důsledku přítomnosti silikonů. Silikony jsou přítomny v celé řadě pomocných přípravků, jako v mazacích prostředcích, separačních přípravcích, ochranných krémech, konzervačních přípravcích apod. [18]

Je proto nutné vyvarovat se používání takovýchto přípravků nejen v lakovně, ale i v jejím okolí a u pracovníků zajišťujících lakovací proces. Přenos silikonů může způsobovat na poměrně velkou vzdálenost i jemný prach infikovaný silikonem. Proto je nutné dbát v lakovně v maximální míře na čistotu prostředí. Silikony se těžko z jimi zamořeného prostředí odstraňují a jejich likvidace může trvat i několik týdnů, popřípadě měsíců. [18]

Póry se vytvářejí v nátěru v případě, prasknou-li bublinky, vznikající při nanášení, kdy je nátěrová hmota v nátěru již málo plastická a tudíž se nemůže prostor po bublince dostatečně zalít. Také probroušené bublinky na zaschlém nátěru mají podobu i vlastnosti pórů. Pro jejich zakrytí nestačí většinou nový nátěr, ale před konečným nátěrem je třeba plochu vytmelit a přebrousit. [18]

## 6 KOROZE

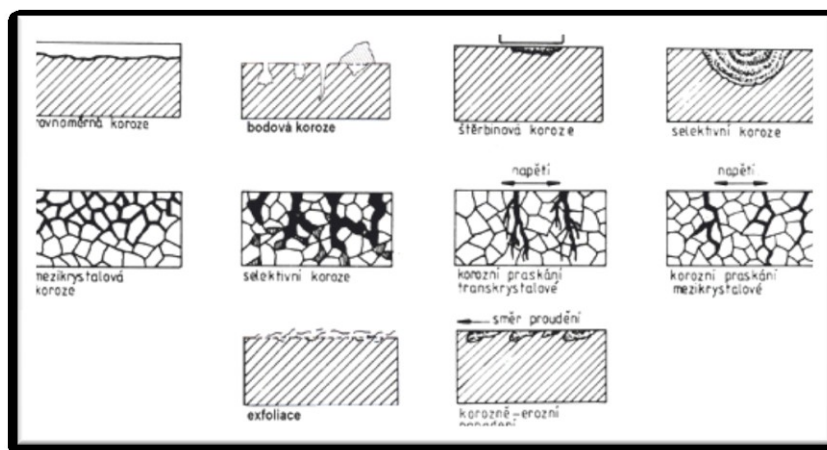
Koroze je definována jako proces způsobující znehodnocování materiálu za působení chemických nebo fyzikálních reakcí s okolním prostředím. Výsledkem tohoto procesu je úplné, nebo částečné rozrušení materiálu, jež se projevuje změnou vlastností materiálu např. ztráta pevnosti, tažnosti a vznik mikrotrhlin. Korozním procesům podléhají téměř všechny materiály. Pro nás je tedy koroze negativním jevem, kterému se snažíme zabránit. V mnohých případech korozi zcela zabránit nelze. Pro zvýšení životnosti materiálu proto máme snahu korozi alespoň zpomalit na přijatelnou míru.[3]

### Druhy koroze:

- Rozdělení dle vnitřního mechanismu – koroze chemická a elektrochemická,
- Rozdělení dle vzhledu – koroze rovnoměrná, nerovnoměrná, bodová, selektivní, mezikrystalická a transkrystalická,
- Rozdělení dle rozhodujícího korozního činitele – koroze při mechanickém namáhání, za únavy materiálu, vibrační koroze, korozní praskání kovů a koroze bludnými proudy,
- Rozdělení dle prostředí – koroze v kapalinách, v plynech, v půdě a atmosféře.

### Ochrana materiálu proti korozi:

- úprava korozního prostředí,
- elektrochemická ochrana kovového povrchu,
- volba vhodného konstrukčního materiálu,
- tvorba ochranných povlaků.



Obr. 12 Druhy koroze [19]



## 6.1 Koroze v atmosféře

Je nejrozšířenější formou koroze, jelikož agresivně je vystavena největší část materiálu. Až 70% korozních ztrát je způsobeno právě díky této korozi. Základním faktorem určující rychlost je stupeň ovlhčení kovového povrchu. Rychlost je také dána přítomností plynných nebo rozpustných tuhých nečistot. K nejvýznamnějším a nejagresivnějším složkám k znečištění atmosféry je především SO<sub>2</sub>, NaCl, sirovodík, chlorovodík.... [20]

### 6.1.1 Korozní agresivita atmosféry

Korozní agresivita je schopnost atmosféry vyvolávat korozi v daném korozním systému. Agresivita je závislá na době odvlhčení. Během této doby je povrch kovu pokryt absorpčním nebo kapalným filmem elektrolytu, který umožňuje vznik atmosférické koroze. Korozní agresivita je popsána normou ČSN ISO 9223, dělí se na pět stupňů.

**C1 velmi nízká agresivita** – Atmosféry s minimálním až žádným znečištěním.

**C2 nízká agresivita** – Atmosféry s nízkou úrovní znečištění, převážně venkovské prostředí.

**C3 střední agresivita** – Městské a průmyslové atmosféry s mírným znečištěním oxidem siřičitým a přímořské prostředí s nízkou sanilitou.

**C4 vysoká agresivita** – Průmyslové prostředí s vysokou koncentrací oxidu siřičitého a přímořské prostředí s mírnou sanilitou.

**C5 velmi vysoká agresivita** – Průmyslové a přímořské prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou. Dále se dělí na stupně:

- C5 - i – velmi vysoká agresivita (průmyslová)
- C5 - M – velmi vysoká agresivita (přímořská)

## 7 METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

### **Materiál:**

- Vzorky trub - S355J2H,
- Ocelový plech typu KOSMALT válcovaný za tepla – E 300T,
- Vzorky broušené (standard) - CRS SAE 1008/1010.

### **Povrch materiálu:**

- chemický rozbor povrchu vzorků pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu,
- čistota povrchu dle ČSN EN ISO 8501 (vizuálně),
- hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502 - (samolepící páskou),
- měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287 (drsnoměr Mitutoyo Surftest – 301).

### **Aplikace nátěrů:**

- štětcem

### **Zkouška nátěrů:**

- stanovení tloušťky mokrého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808,
- stanovení tloušťky suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808,
- stanovení přilnavosti nátěrového systému dle ČSN EN ISO 16276-2,
- korozní zkouška nátěrů dle ČSN EN ISO 9227 (vyhodnocení proběhlo podle ČSN EN ISO 4628).

## 8 EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE

### 8.1 Materiál

#### 8.1.1 Vzorky trub - S355J2H

Pro diplomovou práci byly použity vzorky trub dodané firmou VÁLCOVNA TRUB TŽ, a.s. Vzorky jsou vyrobeny z materiálu S355J2H o rozměrech 100 x 150 x 6,3 mm, který je neotryskaný. Mechanické vlastnosti a chemické složení je uvedeno v tabulkách níže.

Mechanické vlastnosti	
Mez kluzu $R_{e\min}$ [MPa]	355
Mez pevnosti v tahu $R_m$ [MPa]	470 ÷ 630
Tažnost $A_5$ [%]	22

Tab. 2 Mechanické vlastnosti oceli S355J2H

Chemické složení						
Prvek	C	Mn	Si	P	S	Al
Obsah [%]	0,022	1,60	0,55	0,03	0,03	min 0,02

Tab. 3 Chemické složení oceli S355J2H

## 8.1.2 Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T

Pro diplomovou práci byly použity vzorky plechu dodané firmou VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s. Vzorky s označením KOSMALT – E 300T o rozměrech 150 x 100 x 3 mm. Materiál byl dodán ve formě válcovaného plechu za tepla. Mechanické vlastnosti a chemické složení je uvedeno v tabulkách níže.

Mechanické vlastnosti	
<b>Mez kluzu Re</b> [MPa]	300÷450
<b>Mez pevnosti v tahu Rm</b> [MPa]	350÷550
<b>Tažnost A<sub>5</sub></b> [%]	28

*Tab. 4 Mechanické vlastnosti oceli KOSMALT - E 300T*

Chemické složení								
Prvek	C	Mn	Si	P	S	Al	N	Ti
<b>Obsah</b> [%]	0,07	0,21	0,03	0,013	0,01	0,042	0,006	0,06

*Tab. 5 Chemické složení oceli KOSMALT - E 300T*

## 8.1.3 Vzorky broušené (standard) - CRS SAE 1008/1010

Pro diplomovou práci byly použity vzorky kovových panelů Q-LAB CORPORATION pro nanášení barvy a laků dodané firmou LABIMEX CZ s.r.o. Jedná se o vzorky z nízkouhlíkové oceli s označením firmy CRS SAE 1008/1010 o rozměrech 102 x 152 x 0,8 mm. Vzorky jsou dodány broušené (standard), tudíž jsou očištěné a odmaštěné. Mechanické vlastnosti a chemické složení je uvedeno v tabulkách níže.

Mechanické vlastnosti	
Mez kluzu Re [MPa]	173
Mez pevnosti v tahu Rm [MPa]	275
Tažnost A <sub>5</sub> [%]	30

Tab. 6 Mechanické vlastnosti nízkouhlíkové oceli CRS SAE 1008/1010

Chemické složení				
Prvek	C	Mn	P	S
Obsah [%]	max. 0,13	0,25-0,60	0,04	0,05

Tab. 7 Chemické složení nízkouhlíkové oceli CRS SAE 1008/1010

## 8.2 Fotodokumentace použitých vzorků pro DP

### 8.1.1 Vzorky Trub

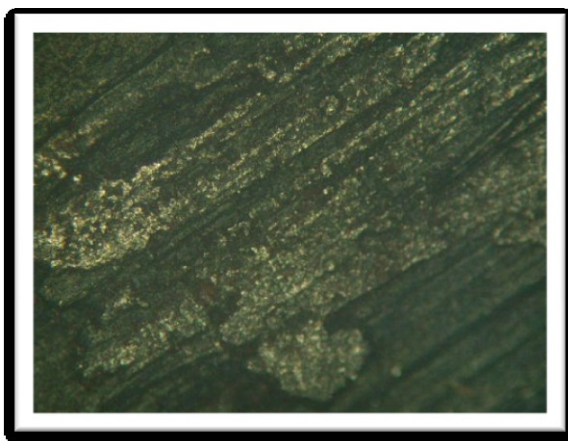


a)



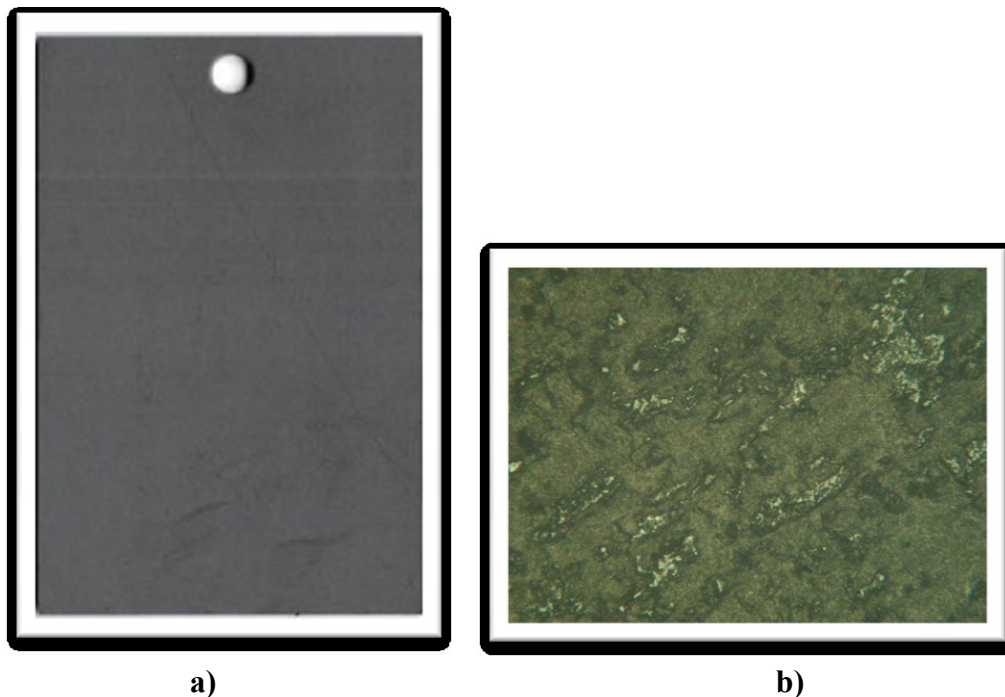
b)

*Obr. 13 a) Fotodokumentace povrchu vzorku, b) detail povrchu*



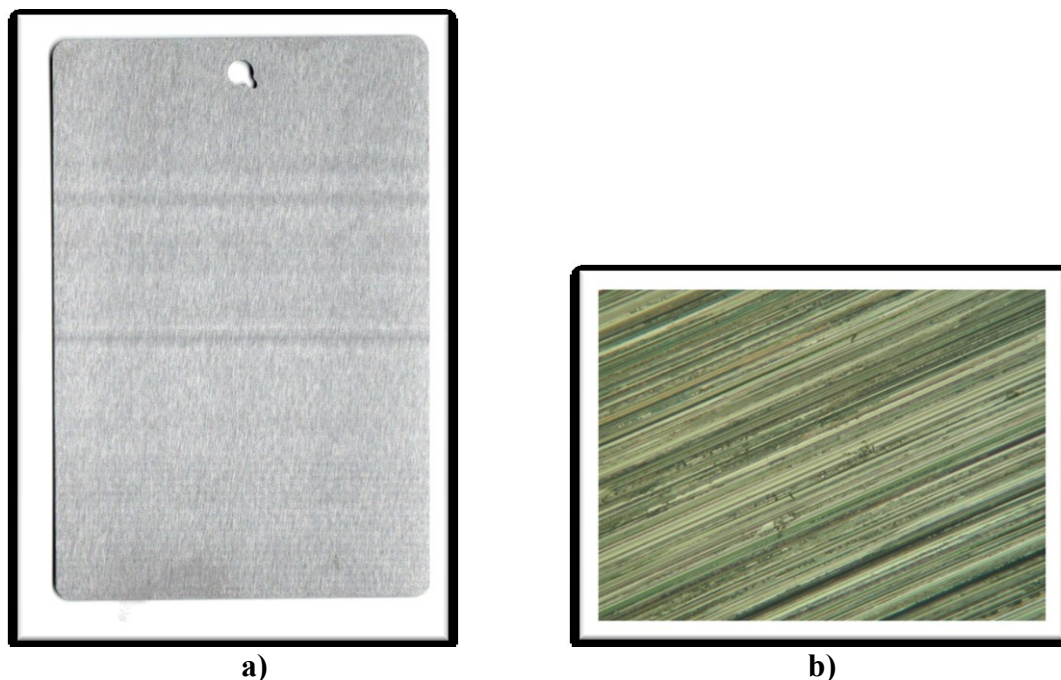
*Obr. 14 Povrch vzorku trub- zvětšeno 100x (foceno na mikroskopu NEOPHOT)*

## 8.1.2 Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T



*Obr. 15 a) Fotodokumentace povrchu vzorku, b) detail válcovaného povrchu - zvětšeno 100x (foceno na mikroskopu NEOPHOT)*

## 8.2.3 Vzorky broušené (standard) - CRS SAE 1008/1010



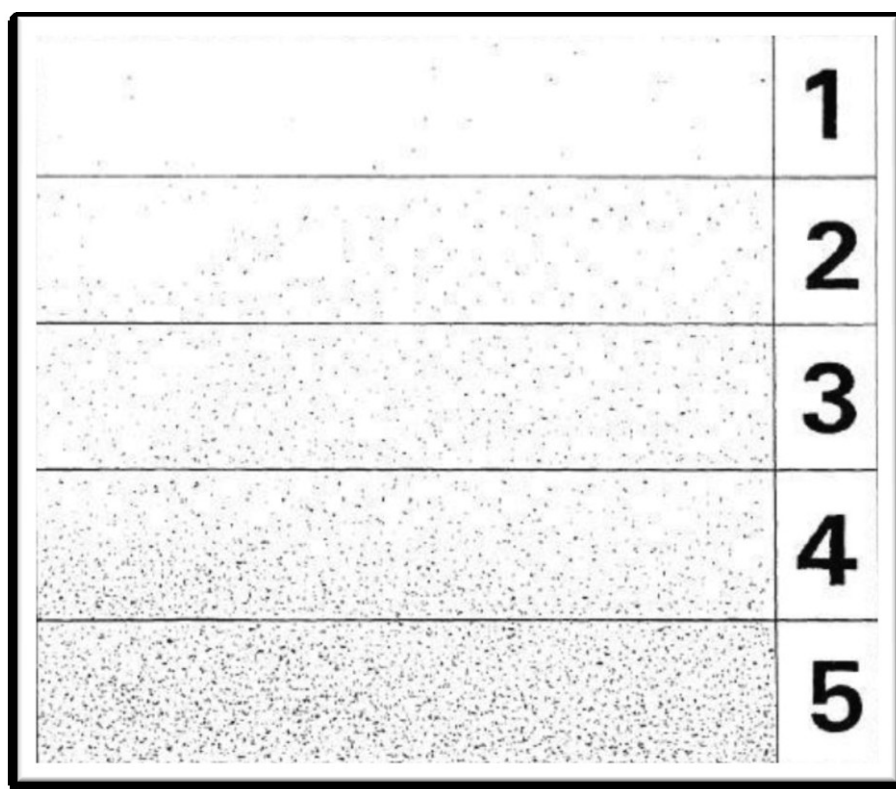
*Obr. 16a) Fotodokumentace povrchu broušeného vzorku, b) Povrch broušeného vzorku- zvětšeno 100x (foceno na mikroskopu NEOPHOT)*

## 8.3 Hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502 – 3

Norma popisuje metodu pro stanovení zbytků prachu na očištěném ocelovém povrchu, připraveném pro natírání. Součástí je obrazová příloha hodnocení průměrného množství prachu a popis hodnocení tříd velikosti prachových částic.

### 8.3.1 Hodnocení průměrného množství prachu

Pomocí průhledné samolepící pásky jsme vyhodnotili stupeň zaprášenosti. U každého vzorku jsme použili vždy tři pásky. Páska byla přitlačena k ocelovému povrchu a poté sejmuta pod úhlem 180°. Sejmutá páska se zachyceným prachem, byla nalepena na kontrastní podklad (bílý papír). Následně bylo provedeno vizuální posouzení množství zachyceného prachu.



*Obr. 17 Obrazová stupnice odpovídající množství prachu dle ČSN ISO 8502-3*



## 8.3.2 Hodnocení tříd velikosti prachových částic

Hodnocení se provádělo pomocí optické lupy a přiřazovalo se dle tabulky (viz níže).

Třída	Popis prachových částí
0	částice neviditelné při zvětšení 10
1	částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem (obvykle částice menší než 50 $\mu\text{m}$ v průměru)
2	částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 50 $\mu\text{m}$ a 100 $\mu\text{m}$ v průměru)
3	částice jasně viditelné prostým okem (částice do 0,5 mm v průměru)
4	částice mezi 0,5 mm a 2,5 mm v průměru
5	částice větší než 2,5 mm v průměru

Tab. 8 Třídy velikosti prachových částic dle ČSN ISO 8502-3

VZOREK	Vyhodnocení dle ČSN ISO 8502-3	
	Stupeň znečištění	Velikost prachových částic
Truby	3	4
Válcovaný plech	2	2
Broušený - STANDARD	1	0

Tab. 9 Vyhodnocení stupně znečištění a velikosti prachových částic dle ČSN ISO 8502-3

## 8.3.3 Zhodnocení výsledků

Z tabulky 9 je zřejmé, že po vyhodnocení zkoušky dle ČSN ISO 8502-3 nám z použitých vzorků vyšel nejlépe vzorek broušený – STANDARD dodaný firmou LABIMEX CZ s.r.o. jak na stupeň znečištění, tak i ve velikosti prachových částic. Měl by mít tedy dobré vstupní vlastnosti pro ukotvení požadovaného nátěrového systému, ale i to nemusí být výhodou.

## 8.4 Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287

- použitý měřicí přístroj MITUTOYO Surftest SJ-301 *obr. 18* s vestavěnou tiskárnou a možností předání externímu počítači dle ISO 1997, v laboratořích VŠB-TU Ostrava
- Profil povrchu materiálu je získáván dotykovou metodou pomocí diamantového snímacího hrotu.



*Obr. 18 Přenosný měřicí drsnoměr s ovládacím displejem MITUTOYO Surftest SJ-301*

### **Parametry přístroje:**

#### **Rozsah měření:**

- osa z 300 mm,
- osa X 12,5 mm.

#### **Posuvová jednotka**

- rychlost měření: 0,25 ÷ 0,5 mm/s,
- zpětný chod 1 mm/s.

#### **Zobrazovací jednotka:**

- měřicí dráha (L): 0,25 - 0,8 - 2,5 - 8 mm i dle zadání,
- délka posuvu:  $\lambda_c$ : 0,25 - 0,8 - 2,5 - 8 mm,
- normy drsnosti: DIN, ISO, ANSI, JIS.

### **Popis měření:**

- k pevně uchycenému nástroji se přiloží drsnoměr tak, aby mohly být ze vzorku při dotyku drsnoměru odečteny hodnoty. Na LCD displeji se odečítají naměřené hodnoty a vypočítané křivky. Musíme však dodržet parametry přístroje. Bylo provedeno vždy 10 měření na každém typu vzorku a vypočítán aritmetický průměr.

## **Parametry struktury povrchu, které byly předmětem měření:**

Ra	průměrná aritmetická odchylka posuzovaného profilu	[μm]
Rz	největší výška profilu	[μm]
Rq	střední kvadratická odchylka profilu	[μm]
Rp	největší výška výstupků profilu	[μm]
Rv	největší hloubka prohlubní profilu	[μm]
Rsk	šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie)	[-]
Rku	špičatost posuzovaného profilu	[-]

### 8.4.1 Měření drsnosti na trubách

#### **Nastavení přístroje:**

$\lambda c = 2,5 \text{ mm}$ ,  $L = 12 \text{ mm}$

$\lambda c$  – filtr profilu, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti

$L$  – délka měřeného úseku

Měření	Vzorky trub (horizontálně)					
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rsk [-]	Rku [-]
1	5,38	34,45	7,34	17,5	0,3	3,28
2	6,75	40,95	8,59	19,9	0,09	3,55
3	7,19	45,3	9,23	22,74	0,05	3,06
4	7,7	40,16	9,59	20,62	0	2,95
5	6,41	33,66	7,7	17,58	0,03	2,43
6	7,92	41,43	9,85	23,43	0,49	2,62
7	6,31	36,78	7,7	13,83	-0,61	3,49
8	4,82	38,23	6,43	19,2	0,03	4,13
9	7,27	35,46	8,97	18,48	0,39	2,61
10	8,01	37,33	9,34	21,96	0,21	2,14
<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>6,776</b>	<b>38,375</b>	<b>8,474</b>	<b>19,524</b>	<b>+</b>	<b>3,026</b>

*Tab. 10 Naměřené parametry drsnosti – vzorek trub*



*Obr. 19 Grafický záznam profilu drsnosti pro vzorek trub*

## 8.4.2 Měření drsnosti na vzorcích plechu válcovaném

### Nastavení přístroje:

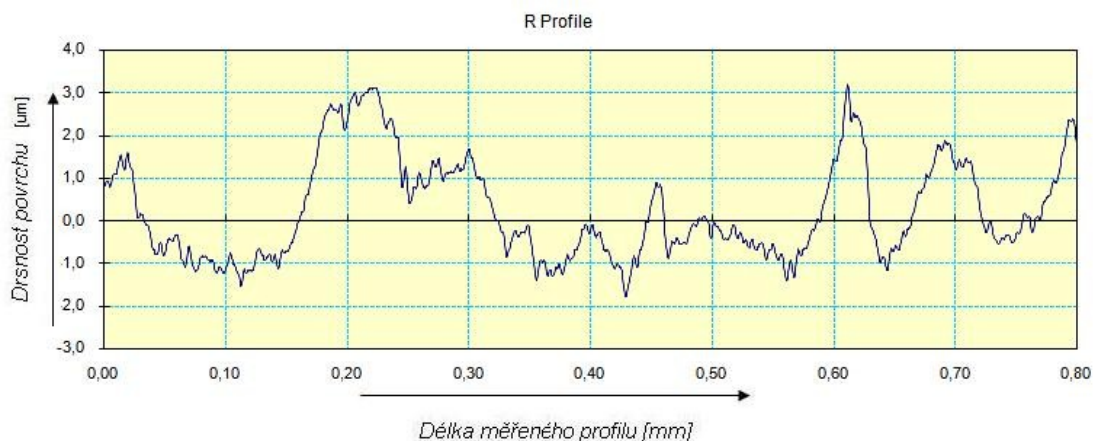
$\lambda c = 0,8 \text{ mm}$ ,  $L = 0,8 \text{ mm}$

$\lambda c$  – filtr profilu, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti

$L$  – délka měřeného úseku

Měření	Vzorky plechu válcovaného					
	Ra [µm]	Rz [µm]	Rq [µm]	Rp [µm]	Rsk [-]	Rku [-]
1	0,87	5,75	1,18	3,47	1,14	3,93
2	0,92	4,77	1,13	2,55	0,03	2,32
3	0,91	4,89	1,14	2,6	-0,03	2,44
4	0,71	4,45	0,84	2,58	0,05	2,95
5	1,02	6,29	1,3	3,62	0,45	3,09
6	0,85	5,32	1,04	2,76	0,5	2,69
7	1,44	7,44	1,72	4,86	0,94	2,47
8	1,2	6,35	1,47	4,56	1,26	3,64
9	1,36	7,51	1,68	4,96	1,24	3,18
10	0,96	4,96	1,2	3,18	1,24	3,05
<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>1,024</b>	<b>5,773</b>	<b>1,27</b>	<b>3,514</b>	<b>+</b>	<b>2,976</b>

*Tab. 11 Naměřené parametry drsnosti – vzorky plechu válcovaného za tepla*



Obr. 20 Grafický záznam profilu drsnosti pro vzorky plechu válcovaného za tepla

## 8.4.3 Měření drsnosti na vzorcích broušených STANDARD

### Nastavení přístroje:

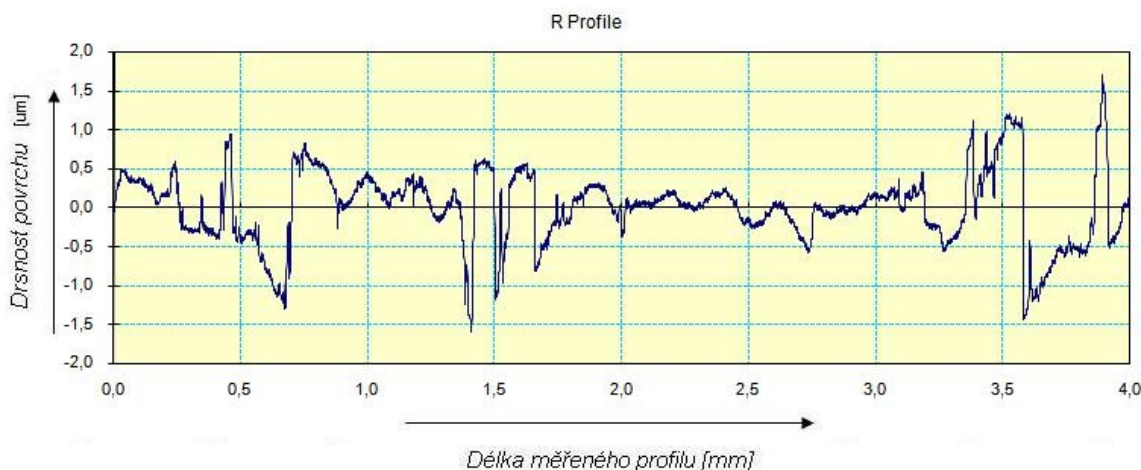
$\lambda c = 0,8 \text{ mm}$ ,  $L = 4 \text{ mm}$

$\lambda c$  – filtr profilu, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti

$L$  – délka měřeného úseku

Měření	Vzorky standard (broušené)					
	Ra [µm]	Rz [µm]	Rq [µm]	Rp [µm]	Rsk [-]	Rku [-]
1	0,38	1,88	0,46	0,89	-0,3	3
2	0,23	1,87	0,31	1,21	0,66	6,52
3	0,33	2,07	0,43	1,28	0,59	3,74
4	0,22	1,57	0,3	1,02	1,35	12,1
5	0,21	1,17	0,26	0,7	0,57	2,79
6	0,39	3,08	0,61	1,96	1,8	10,95
7	0,27	2,24	0,37	1,47	0,71	4,43
8	0,47	2,78	0,59	1,33	-0,11	2,96
9	0,25	1,54	0,31	0,82	0,17	3,17
10	0,34	2	0,42	0,85	-0,59	3,43
<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>0,309</b>	<b>2,02</b>	<b>0,406</b>	<b>1,153</b>	<b>+</b>	<b>5,309</b>

Tab. 12 Naměřené parametry drsnosti – vzorky broušené STANDARD



Obr. 21 Grafický záznam profilu drsnosti pro vzorky broušené STANDARD

## 8.4.4 Zhodnocení výsledku měření drsnosti

Při porovnání nejdůležitějších parametrů drsnosti  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{ku}$  a  $R_{sk}$  je patrné následující: Drsnost je všeobecně důležitý aspekt při nanesení nátěrových systémů a je potřeba dosáhnout požadované drsnosti.

Z tabulek a výsledků je zřejmé, že u vzorku trub, kde nebyla provedena mechanická úprava povrchu substrátu před aplikaci nátěrového systému, jsou naměřené hodnoty  $R_a$  velmi vysoké. Průměrná hodnota  $R_a = 6,77 \mu\text{m}$ . U vzorků válcovaných za tepla průměrná hodnota činila  $R_a = 1,02 \mu\text{m}$ , tudíž se zdá jako ideální. Průměrná hodnota vzorků broušených je  $R_a = 0,31 \mu\text{m}$ . Ale jelikož parametr  $R_a$  neudává žádné informace o tvaru a nerovnosti povrchu, v praxi se častěji používá jako vhodný pro měření nerovnosti parametr  $R_z$ , který udává právě námi požadované údaje o nejvyšší výšce výstupku a hloubky prohlubně na měřené délce. Tudíž u vzorků trub se parametr  $R_z$  pohyboval kolem hodnoty  $R_z = 38,37 \mu\text{m}$ . U vzorků válcovaných byla průměrná hodnota  $R_z = 5,77 \mu\text{m}$  a u vzorků broušených  $R_z = 2,02 \mu\text{m}$ . Domnívám se tedy, že právě válcovaný vzorek bude ideální pro kvalitní ukotvení nátěrového systému a pro požadovanou korozní ochranu. Měla by zde být i ideální spotřeba nátěru. Vzorek trub nebude ideální, jelikož hodnota  $R_z = 38,37 \mu\text{m}$  je vysoká a tudíž by se nátěrem nezakryla kvalitně celá plocha substrátu z důvodu právě velkých nerovnosti na povrchu substrátu.

Dále jsme se při měření drsnosti povrchu vzorků zaměřili na parametry  $R_{sk}$  - šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie) a  $R_{ku}$  - špičatost posuzovaného profilu. Tyto

parametry nám popisují tvar křivky hustoty pravděpodobnosti.  $R_{ku} > 3$  udává ostrost a  $R_{ku} < 3$  zaoblenost výstupků a rýh. Vzorky trub vykazovaly průměrnou hodnotu  $R_{ku}=3,026$ . To nám značí spíše ostrost výstupků a rýh na povrchu substrátu. U vzorků válcovaných je průměrná hodnota ze všech měření  $R_{ku}=2,97$ . Tato hodnota nám poukazuje na zaoblenost výstupků a rýh na povrchu substrátu. Zaoblení může způsobovat sama technologie válcování. Průměrná hodnota u vzorku broušených je  $R_{ku}=5,3$  tedy značná ostrost výstupků a rýh na povrchu substrátu.

## 8.5 Chemický rozbor povrchu vzorků pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu (SEM mikroskopie)

Chemický rozbor byl proveden v centru nanotechnologií na VŠB-TU Ostrava. Chemické složení povrchu vzorků se zjišťovalo na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30. Přístroj je určený k pozorování povrchů nejrozličnějších objektů. Výsledný obraz je tvořen pomocí sekundárního signálu - odražených nebo sekundárních elektronů. Velkou předností SEM je značná hloubka ostrosti, v důsledku může mikroskop v dvojrozměrných fotografiích nalézt jistý trojrozměrný aspekt. Další předností je, že při interakci urychlených elektronů s povrchem vznikají tzv. Augerovy elektrony, které nesou mnoho dalších informací o vzorku. Při jejich detekci je možné určit např. chemické složení v místě zkoumání.

### 8.5.1 Vzorek trub

Legenda: Wt - váhové množství

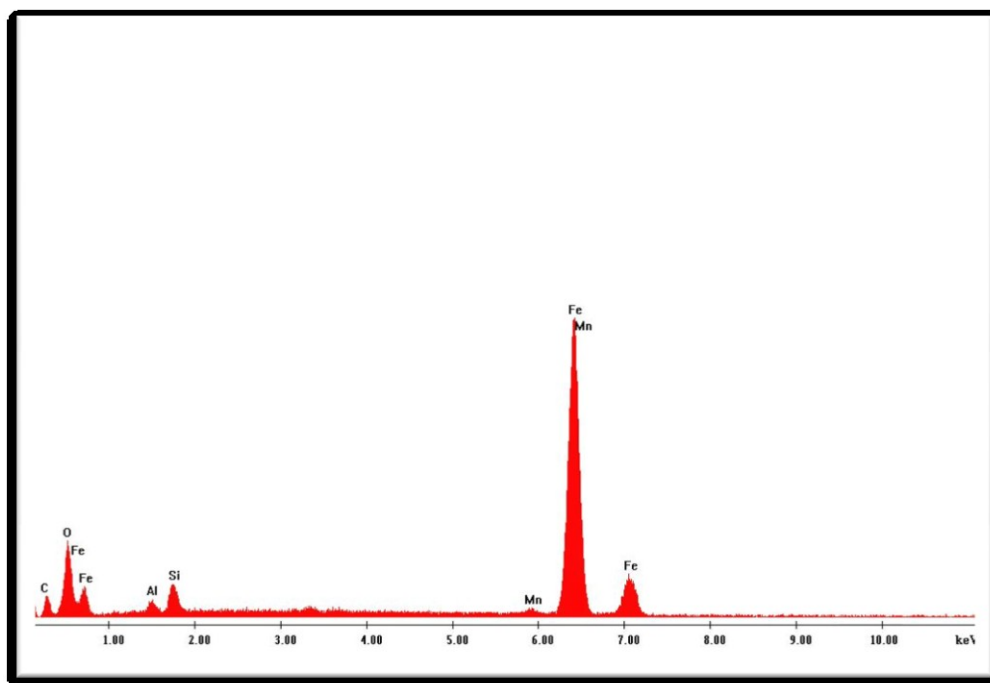
Chemický rozbor povrchu trub	
Prvek	Wt [%]
C	18,6
O	22,97
Al	1,23
Si	2,8
Mn	0,82
Fe	53,59

Tab. 13 Chemický rozbor povrchu trub



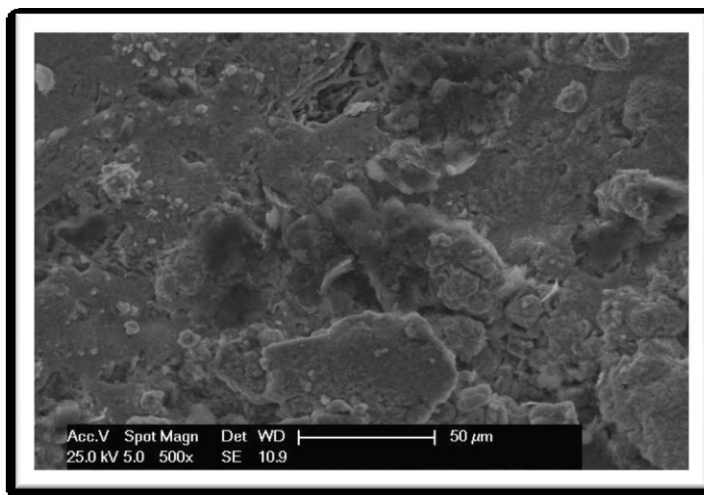
# DIPLOMOVÁ práce

Povrch trub vykazoval zastoupení prvků (viz tab. 13). Zvýšené procento oxidů (kyslíku), vyskytujících se na povrchu (cca 23%) může ovlivnit životnost povlaku vlivem možného začínajícího korozního napadení a zvýšené procento uhlíku (18%) zase přilnavost.



*Obr. 22 Vyjádření chemického rozboru povrchu trub, graficky v píčích*

## **Fotografické záznamy povrchu:**



*Obr. 23 Detail povrchu trub (foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 500x)*



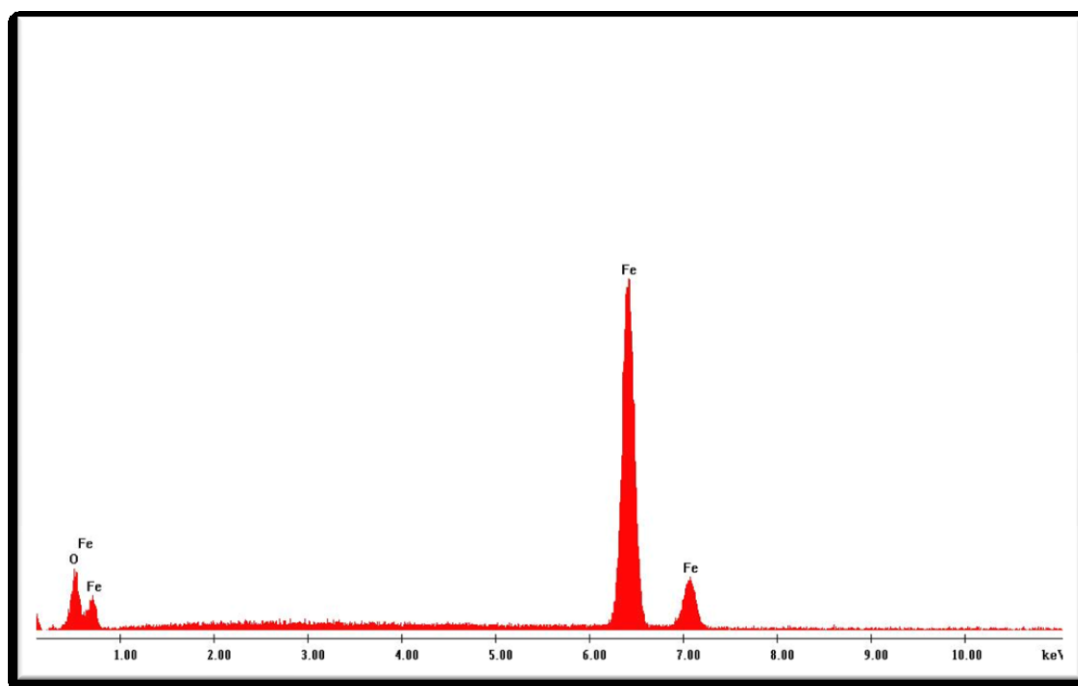
## 8.5.2 Vzorek válcovaný

Legenda: Wt - váhové množství

Chemický rozbor povrchu válcovaného	
Prvek	Wt [%]
Fe	82,74
O	17,26

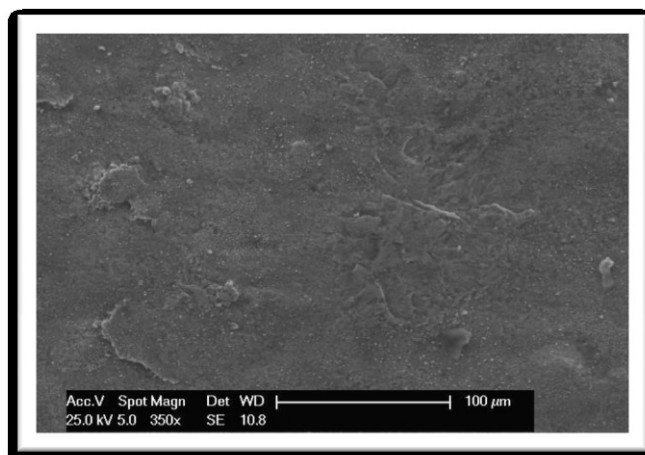
Tab. 14 Chemický rozbor povrchu válcovaného

Válcovaný povrch vykazoval pouze zastoupení prvků Fe a O. Zvýšené procento oxidů, vyskytujících se na povrchu (cca 17,5%) může ovlivnit životnost povlaku vlivem možného začínajícího korozního napadení



Obr. 24 Vyjádření chemického rozboru povrchu válcovaného, graficky v píicích

## Fotografické záznamy povrchu:



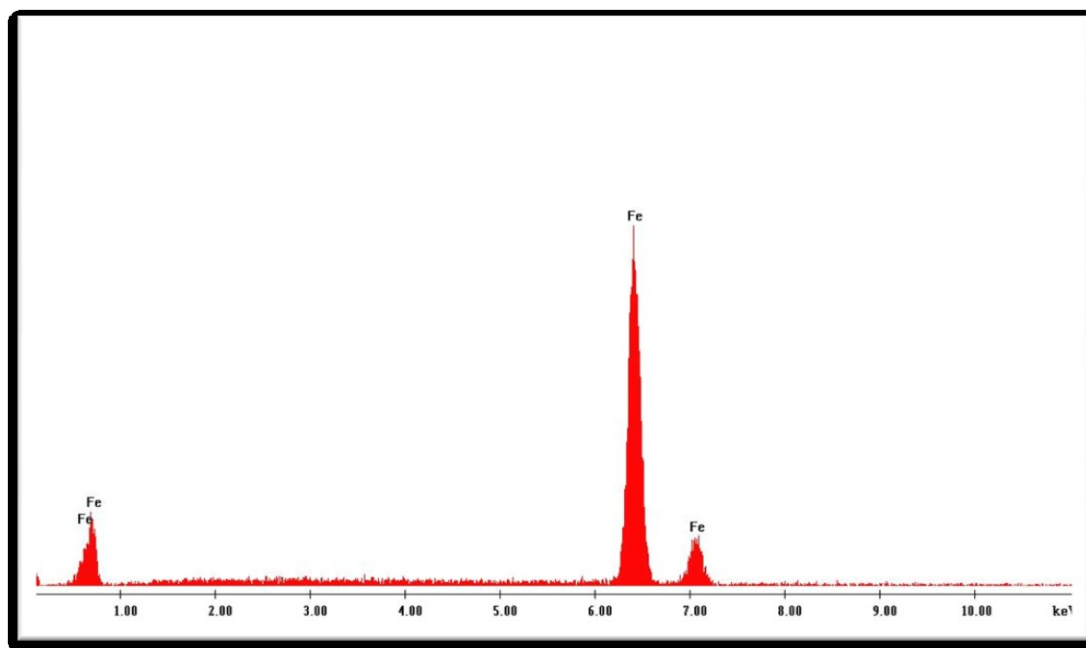
*Obr. 25 Detail povrchu válcovaného (foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 350x)*

### 8.5.3 Vzorek Broušený STANDARD

Legenda: Wt - váhové množství

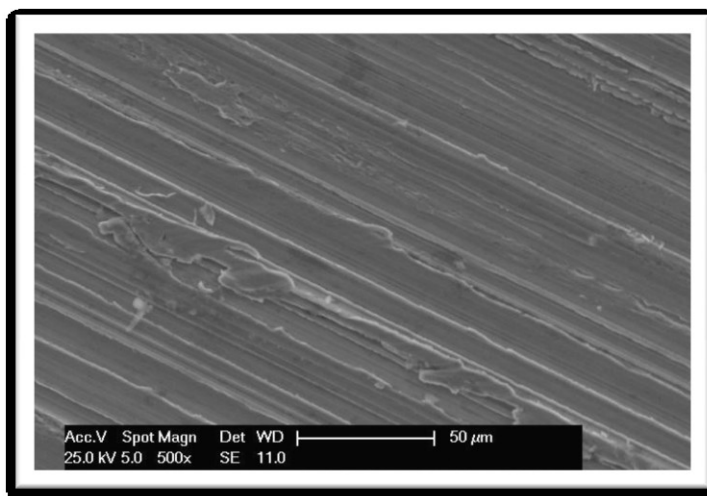
Chemický rozbor povrchu broušeného	
Prvek	Wt [%]
Fe	100

*Tab. 15 Chemický rozbor povrchu broušeného*



*Obr. 26 Vyjádření chemického rozboru povrchu broušeného, graficky v píicích*

## Fotografické záznamy povrchu:



*Obr. 27 Detail povrchu broušeného (foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 500x)*

## 8.6 Příprava vzorků pro nátěr

### 8.6.1 Značení vzorků

Značení vzorku nám bude sloužit k lepší orientaci při daných zkouškách a jejich vyhodnocení. Vzorky byly označeny písmenem a číslicí. Písmeno značí stav, ve kterém byla příslušná sada vzorků dodána. Číslice nám udává typ nátěru, který byl na vzorky nanesen.

#### Písmeno:

- „A“ – vzorky trub
- „B“ - vzorky plechu válcované za tepla
- „C“ - vzorky broušené STANDARD

#### Číslice:

- „1“ - vzorky natřené transparentním lakem na bázi alkydové pryskyřice s příměsí 5 - 10% fosfátu zinku ZP10 o velikosti v mikrometrech
- „2“ - vzorky natřené transparentním lakem na bázi alkydové pryskyřice s příměsí 2 - 6% fosfátu zinku ZP10 o velikosti v mikrometrech

## 8.6.2 Odmašťování vzorků pomocí SIMPLE GREEN

Na odmaštění vzorků trub a vzorků válcovaných bylo použito ekologického odmašťovacího prostředku SIMPLE GREEN. Tento ekologický koncentrát, fungující na vodní bázi, obsahuje směs účinných složek, které se aktivují studenou nebo teplou vodou. Je biologicky odbouratelný a ekologicky zcela neškodný.

Metodika odmašťování spočívala ve smíchání prostředku SIMPLE GREEN s vodou v poměru 1:10. Dále pak následovala odmašťovací lázeň, která měla pH 10,45 a teplotu 19,5°C. V takto připravené lázni byly postupně smáčeny všechny vzorky určené pro experiment po dobu 10 minut. Následovalo oplachování ve vodě o teplotě 18,3°C a pH 7,45 po dobu 2 minut. Všechny ošetřené vzorky se pak vložily na 5 minut do pece předehřáté na teplotu 100°C. Na závěr následovalo vychladnutí na vzduchu.

## 8.7 Nátěrový systém použitý pro DP

Pro experimentální část DP byl použit organický alkydový nátěr na bázi alkydové pryskyřice. Tento antikoroziční základní nátěr se používá např. jako dočasná antikoroziční ochrana pro železo a ocel. Do systémů byl jako pigment vmíchán fosforečnan zinečnatý nebo také fosfát zinku ZP10 o velikosti v mikrometrech.

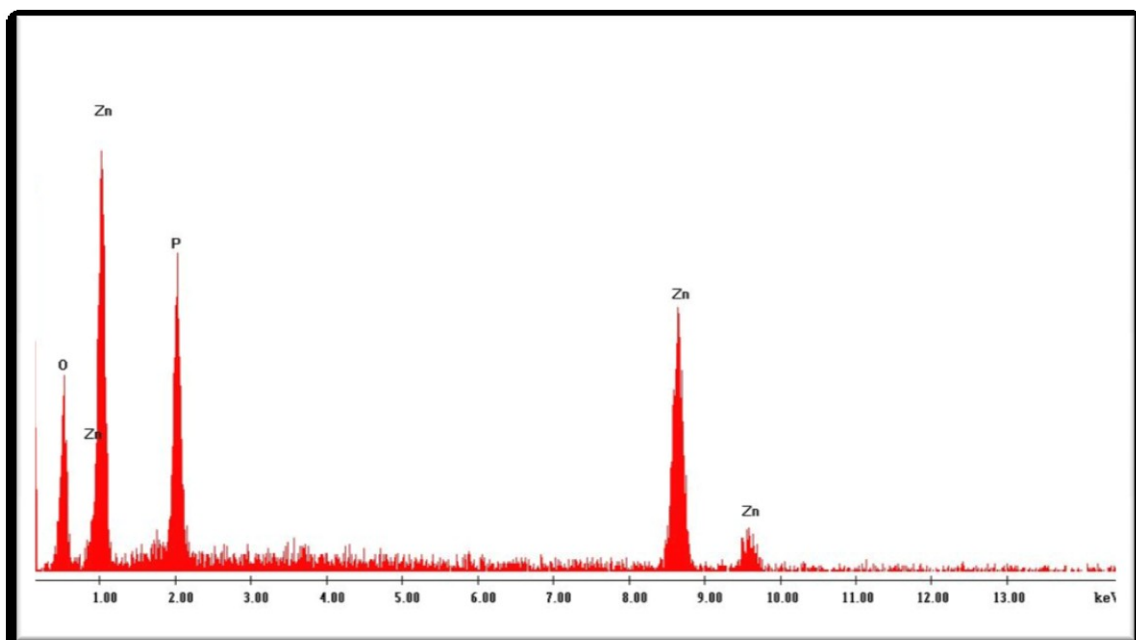
### 8.7.1 Chemický rozbor mikročástic fosfátu zinku ZP10

Chemický rozbor byl proveden v centru nanotechnologií na VŠB-TU Ostrava.

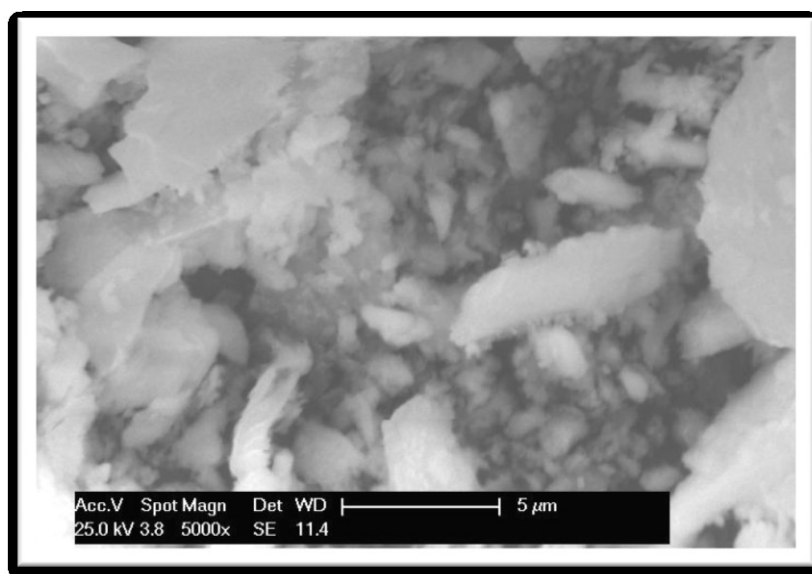
Legenda: Wt - váhové množství

Chemický rozbor mikročástic fosfátu zinku ZP10	
Prvek	Wt [%]
O	33,05
P	16,73
Zn	50,22

Tab. 16 Chemický rozbor mikročástic fosfátu zinku ZP10



Obr. 28 Vyjádření chemického rozboru mikročástic fosfátu zinku ZP10, graficky v píicích



Obr. 29 Fotodokumentace shluků mikročástic fosfátu zinku, (foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 5000x )

## 8.8 Aplikace nátěru na vzorky

Po odmaštění byl na vzorky aplikován příslušný nátěrový systém. První nátěr byl namíchán a dodán firmou DENAS COLORS a.s. Druhý vzorek byl modifikací nátěru na VŠB-TU Ostrava. Aplikace nátěrové hmoty na jednotlivé vzorky, byla provedena štětcem až na požadovanou tloušťku mokrého filmu. Tato tloušťka byla průběžně kontrolována hřebenovou měrkou BASTRO dle ČSN EN ISO 2808.



Obr. 30 Hřebenová měrka od firmy BASTRO

### 8.8.1 Vytvrzování nátěru

Na vzorky byla nanesena vždy jedna vrstva nátěrového systému. Průměrná tloušťka mokré vrstvy tedy činila 127  $\mu\text{m}$ . Následovalo pozvolné zavadnutí na vzduchu po dobu asi jedné hodiny. Poté byly vzorky vloženy do pece PREMED KBC G-100/250 na šest hodin při teplotě 80°C.

### 8.8.2 Kontrola tloušťky suché vrstvy dle ČSN EN ISO 280

Po vytvrzení nátěru, byla provedena kontrola tloušťky suché vrstvy. Pro vyhodnocení byl použit nedestruktivní postup pro stanovení tloušťky nemagnetických povlaků na magnetických kovových podkladech tzv. magnetický způsob. Přístrojem ELCOMETER 456 (viz obr. 31) bylo na každém vzorku provedeno vždy 10 měření. Hodnoty byly zaznamenány, zprůměrovány a zaneseny do tabulek (viz tab. 17).



Obr. 31 Digitální tloušťkoměr ELCOMETR 456

Vzorek	TRUBY		VALCOVANÉ		STANDARD	
Označení	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Ø tloušťka mokrý vrstvy [μm]	127	127	127	127	127	127
Ø tloušťka vytvrzené vrstvy [μm]	22	21	24	23,5	23,5	23

Tab. 17 Průměrná tloušťka mokré a suché vrstvy trub, vzorků válcovaných i broušených -  
STANDARD

## 8.9 Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou dle ČSN ISO 16276-2

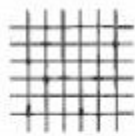
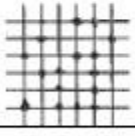
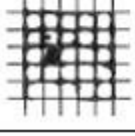

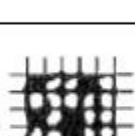
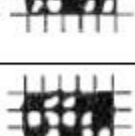
Pro hodnocení přilnavosti byla použita mřížková metoda dle ČSN ISO 1627-2, která se odkazuje na ČSN ISO 2409. Norma se zabývá zkušební metodou pro určení odolnosti nátěru k oddělení od jeho podkladu, když nátěr je porušen mřížkovým řezem až k podkladu.

### Zkušební prostředky a pomůcky:

- řezný nůž, vodící šablona,
- průhledná samolepící páska šíře 30 mm,
- měkký štětec a lupa.

## Postup zkoušky

Pomocí vodící šablony byly zhotoveny řezy do nátěrového systému (šest řezů). Otočili jsme šablonu o 90° a zhotovili řezy kolmo na předešlý řez tak, aby se vytvořila mřížka. Měkkým štětcem jsme řezy několikrát lehce očistili. Na vzniklé řezy byla nalepena samolepící přídržná páska s přitlačnou silou 6 - 10 N na 25 mm šířky pásky o šíři mřížky 50 mm. Abychom zajistili dobrý kontakt s nátěrem, páska byla uhlazena konečky prstů a následně pod úhlem přibližně 60° sejmuta z povrchu. Bezprostředně po stažení pásky bylo provedeno vizuální hodnocení. Klasifikace byla provedena dle ČSN ISO 1627-2, která se odkazuje na ČSN ISO 2409.




Klasifikace	Popis	Schéma
0	Řezy jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen	
1	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Poškozená plocha nesmí přesahovat 5 %	
2	Nátěr je nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení. Povrch mřížky smí být poškozen o více než 5% a méně než 15% celkové plochy	
3	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně, nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15%, ale menší než 35%.	
4	Na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena z více jak 35%, ale méně než z 65%.	
5	Změny, které jsou větší než u stupně 4 (více než 65%)	

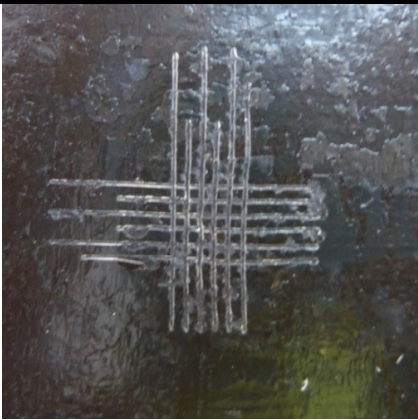

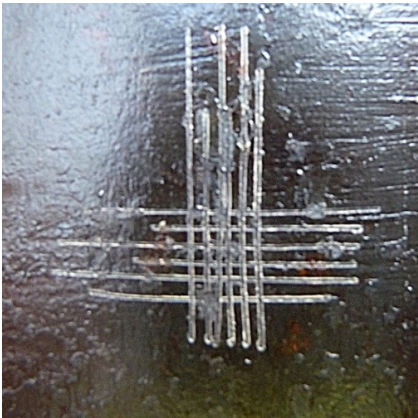
*Obr. 32 Klasifikace zkušebních výsledků mřížkové zkoušky dle ČSN ISO 1627-2 [8]*



## 8.9.1 Vyhodnocení mřížkové zkoušky

### Vyhodnocení trub:

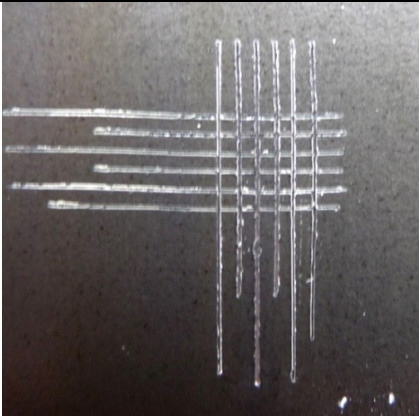
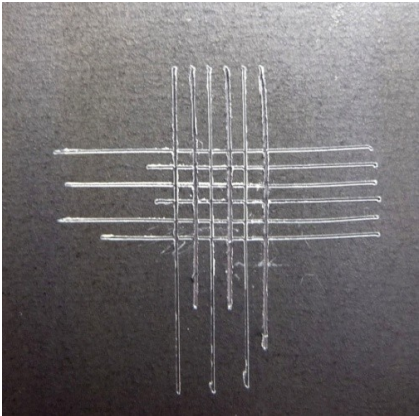
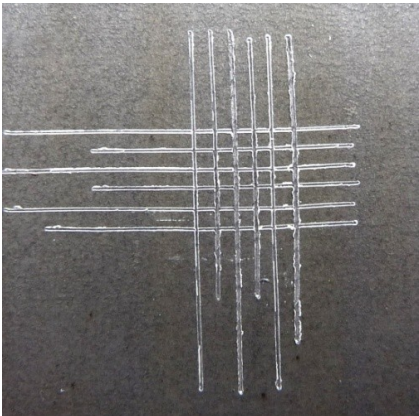
Vzorek	Fotodokumentace	Stupeň poškození nátěru
A1		2
		3
		3

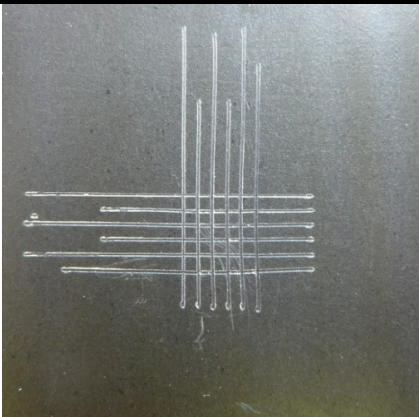
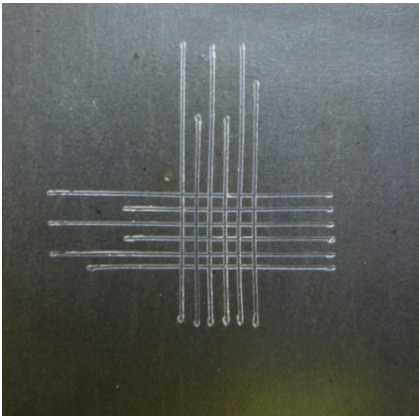
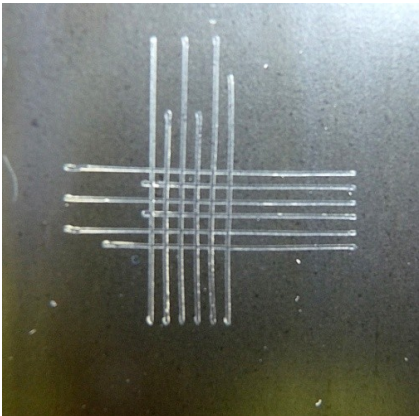
Vzorek	Fotodokumentace	Stupeň poškození nátěru
A2		2
		3
		2

*Tab. 18 Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků TRUB*

# DIPLOMOVÁ práce

## Vyhodnocení pro vzorky válcované:

Vzorek	Fotodokumentace	Stupeň poškození nátěru
B1		0
		0
		0

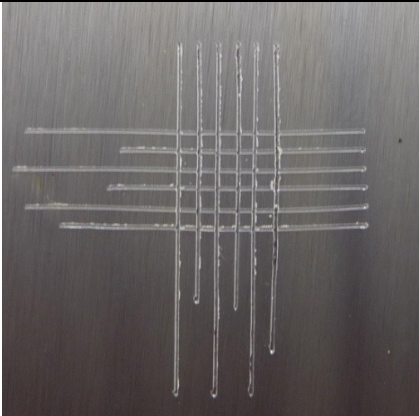
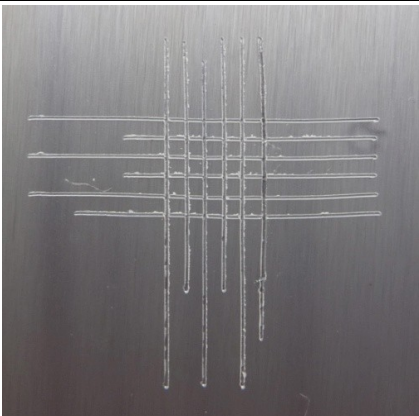
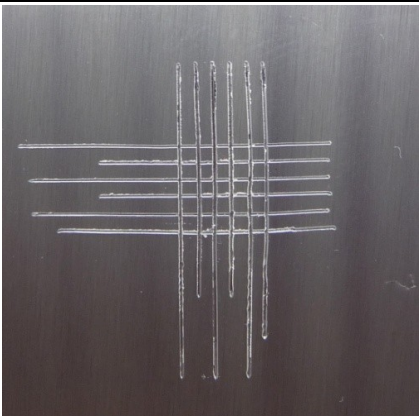
Vzorek	Fotodokumentace	Stupeň poškození nátěru
B2		0
		0
		0

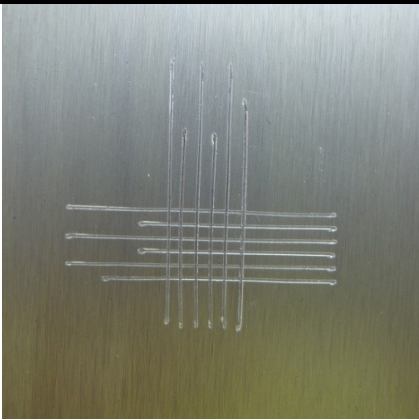
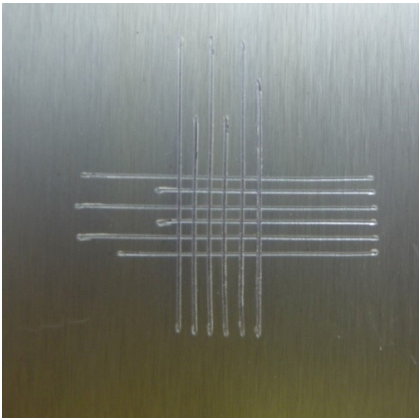
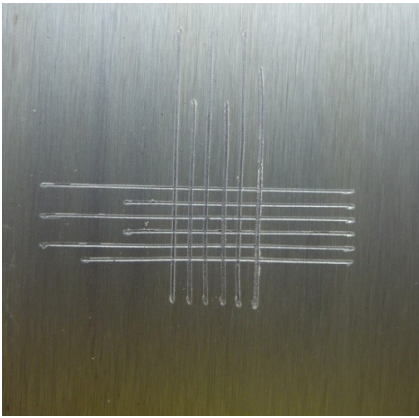
*Tab. 19 Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků VÁLCOVANÝCH*



# DIPLOMOVÁ práce

## Vyhodnocení pro vzorky broušené - STANDARD:

Vzorek	Fotodokumentace	Stupeň poškození nátěru
C1		0
		0
		0



Vzorek	Fotodokumentace	Stupeň poškození nátěru
C2		0
		0
		0

*Tab. 20 Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků broušených - STANDARD*

## 8.9.2 Vyhodnocení zkoušky křížového řezu

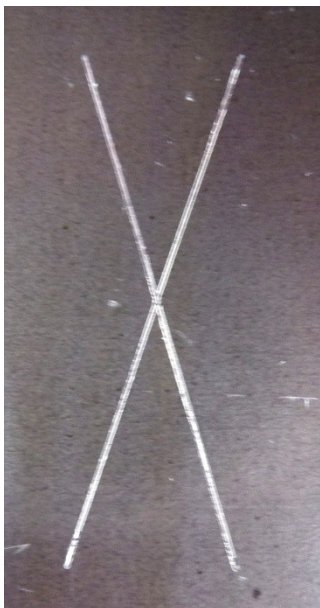
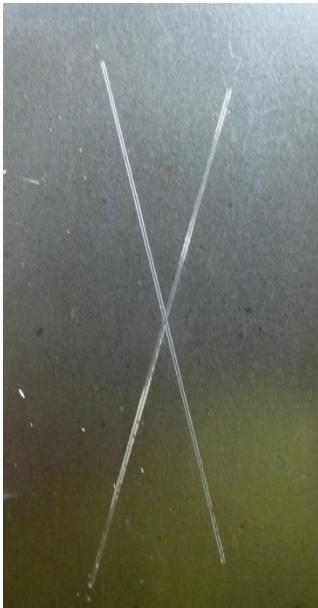
Pomocí vodící šablony byl zhotoven šikmý řez do nátěrového systému. Otočili jsme šablonu o 180° a zhotovili řez o 30° na předešlý řez tak, aby se vytvořil kříž. Měkkým štětcem jsme několikrát lehce očistili řezy. Na vzniklý řez byla nalepena samolepící přídržná páska s přitlačnou silou 6 - 10 N tak, aby pokryla celý řez o šíři 50 mm. Abychom zajistili dobrý kontakt s nátěrem, byla páska uhlazena konečky prstů. Po následujících 5 min byla páska sejmuta z povrchu pod úhlem přibližně 60°. Bezprostředně po stažení pásky bylo provedeno vizuální hodnocení. Klasifikace byla provedena dle ČSN ISO 1627-2, která se odkazuje na ČSN ISO 2409. Byly provedeny vždy tři řezy na vzorku. Pro vyhodnocení je použita vždy ukázka řezu na vzorku a všechny tři vyhodnocení.

### Vyhodnocení pro vzorky trub:

VZOREK							
A1 Fotodokumentace	Hodnocení			A2 Fotodokumentace	Hodnocení		
	1	2	3		1	2	3
	1	0	1		1	1	0

*Tab. 21 Vyhodnocení křížového řezu u vzorků trub*


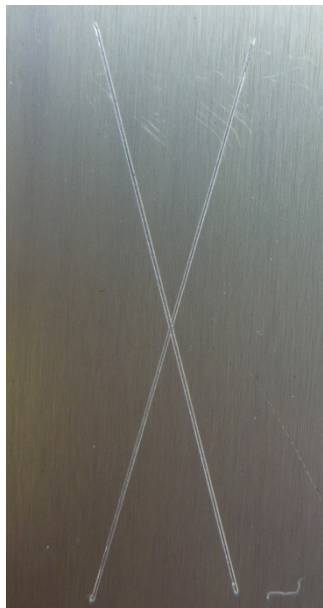
## Vyhodnocení pro vzorky válcované:

VZOREK							
B1 Fotodokumentace	Hodnocení			B2 Fotodokumentace	Hodnocení		
	1	2	3		1	2	3
	0	1	0		0	0	0

*Tab. 22 Vyhodnocení křížového řezu u vzorků válcovaných*



## Pro vzorky broušené – STANDARD

VZOREK							
C1 Fotodokumentace	Hodnocení			C2 Fotodokumentace	Hodnocení		
	1	2	3		1	2	3
	0	0	0		0	0	0

*Tab. 23 Vyhodnocení křížového řezu u vzorků broušených- STANDARD*

## 8.9.3 Zhodnocení mřížkové zkoušky a zkoušky křížového řezu

Mřížková zkouška a zkouška křížového řezu, jak nám uvádí kapitola 8.9, určuje kvalitu adheze (přilnavosti) nátěrového systému k povrchu substrátu. Výsledné číselné hodnoty (0 - 5), které jsou uvedeny u každého vzorku v tabulkách, nám popisuje norma ČSN ISO 1627-2 (obr. 32).

Na vzorky A1, B1 a C1 byl nanesen nátěrový systém na bázi alkydové pryskyřice s příměsí 5 - 10% fosfátu zinku ZP10. Po vytvrzení nátěru byla provedena mřížková zkouška. U vzorů trub se poškození nátěru rovnalo třetímu stupni (viz tab. 18). Nátěr je tedy částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně, nebo celý na různých místech mřížky. Standardy a válcované vzorky byly vyhodnoceny stupněm poškození 0 (viz tab. 19, 20), řezy jsou tedy zcela hladké, žádný čtverec není poškozen. Na stejných vzorcích byla provedena i zkouška křížového řezu (viz kapitola 8.9.2). Dle výsledků v tab. 21, 22 a 23 vyšly vzorky válcované a standardy zcela hladké, kde řez nebyl poškozen. Na trubách nám zkouška vyšla nejhůř, ale ne v místech, kde se řezy kříží.

Na vzorky A2, B2 a C2 byl nanesen nátěrový systém na bázi alkydové pryskyřice s příměsí 2 - 6% fosfátu zinku ZP10. Po vytvrzení nátěru byla opět provedena mřížková zkouška. U vzorků trub byl vyhodnocen stupeň poškození nátěru 2 (viz tab. 18). Nátěr je tedy mírně poškozen podél řezů a při jejich křížení. Standardy a vzorky válcované opět vyšly zcela hladké (viz tab. 19, 20), kde žádný čtverec nebyl poškozen. U křížové zkoušky na vzorcích A2, B2 a C2 vyšly vzorky válcované a standardy opět zcela hladké. U vzorů trub bylo opět poškození nátěru na stupni 1, ale celkově vyšly překvapivě dobře.

Na základě dosažených výsledků mřížkové zkoušky a zkoušky křížového řezu nejlepších hodnot vykazoval u obou typů nátěrů substrátový podklad STANDARD, jelikož všechny výsledky odpovídaly stupni 0 dle obr. 32. Dále pak vzorky válcované a posléze vzorky trub. Předpokládáme, že u vzorků trub to způsobuje neúprava povrchu substrátu před aplikací nátěrového systému, z důvodů požadavků odběratelů od dodavatelské firmy pro daný substrát. Tudíž možná vzniklá vrstva na povrchu substrátu ovlivní konečnou přilnavost NS.

## 8.10 Korozní zkouška nátěrů dle ČSN EN ISO 9227

Zkouška byla provedena v solné korozní komoře LIEBISCH S400 M-TR v laboratořích VŠB-TU Ostrava v souladu s ČSN EN ISO 9227. Vyhodnocení pak dle ČSN EN ISO 4628.

Transparentní alkydový lak má zajistit krátkodobou korozní ochranu v prostředí C5(klasifikace korozního prostředí viz kapitola 6.1.1), kde expoziční doba 72h v korozní komoře (pro experimentální část DP) odpovídá ve skutečnosti cca 1 roku (v některých případech až 2 roky) viz Tab. 24.

Korozní odolnost	
Simulovaná doba v korozní komoře	Realita - skutečnost
720h	cca 10 let
72h	cca 1 rok
6h	cca 6 měsíců

Tab. 24 Návrh výpočtu korozní odolnosti [8]

### Postup zkoušky:

Na začátku, tedy před vložením vzorků do korozní komory, jsme okraje jednotlivých vzorků oblepili lepicí páskou, abychom zabránili primárnímu vzniku koroze, která má tendenci tvořit se v těchto místech. Na předem stanovené vzorky se poté řezným nástrojem vytvořil vertikální řez o délce 7 cm až na podklad substrátu. Poté se vzorky vložily do solné komory. Vzorky byly po cyklech 0, 8, 16, 24, 48 a 72h sledovány, vyfotografovány a na závěr vyhodnocovány.

Celkem bylo v solné komoře 12 vzorků. A to čtyři vzorky trub (A1, A2, poté A1 s řezem a A2 s řezem), čtyři vzorky byly válcované (B1,B2, poté B1 s řezem a B2 s řezem), zbylé čtyři vzorky byly broušené – STANDARD (C1, C2, poté C1 s řezem a C2 s řezem). Všechny sady byly natřeny příslušným nátěrovým systémem (viz kapitola 8.6.1).

# DIPLOMOVÁ práce

## Provozní podmínky solné komory LIEBISCH S400 M-TR:

- tlak vzduchu 3 ÷ 4 bar,
- tlak vody 2,5 ÷ 3 bar,
- průtok vody 0,45 l/hod,
- teplota prostředí 35 ± 2°C,
- teplota navlhčovače 55°C,
- vlhkost 100%,
- solná mlha - 5% neutrální vodný roztok NaCl.

### 8.10.1 Vyhodnocení degradace nátěru

Vzorek	BEZ ŘEZU		S ŘEZEM	
	Stupeň prorezavění	Stupeň puchýřkování	Delaminace/ Koroze	Stupeň puchýřkování okolo řezu
Před vložením do korozní komory				
A1	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	0(S0)
A2	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	0(S0)
B1	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	0(S0)
B2	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	0(S0)
C1	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	0(S0)
C2	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	0(S0)
Po 8h expozice v korozní komoře				
A1	Ri3(S2)	2(S2)	1/2	3(S3)
A2	Ri1(S1)	2(S1)	0/2	2(S2)
B1	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	1(S1)
B2	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	0(S0)
C1	Ri1(S1)	1(S1)	1/1	1(S2)
C2	Ri1(S0)	0(S0)	1/1	0(S0)
Po 16h expozice v korozní komoře				
A1	Ri3(S3)	3(S3)	1/2	3(S2)
A2	Ri2(S3)	2(S2)	1/2	2(S2)

<b>B1</b>	Ri0(S0)	0(S0)	1/1	1(S1)
<b>B2</b>	Ri0(S0)	0(S0)	1/1	1(S1)
<b>C1</b>	Ri1(S2)	1(S3)	2/1	2(S2)
<b>C2</b>	Ri1(S1)	1(S1)	1/1	1(S2)
<b>Po 24h expozice v korozní komoře</b>				
<b>A1</b>	Ri4(S4)	3(S3)	2/2	4(S2)
<b>A2</b>	Ri3(S3)	3(S2)	1/2	3(S2)
<b>B1</b>	Ri0(S0)	0(S0)	2/2	2(S3)
<b>B2</b>	Ri0(S1)	0(S0)	1/1	3(S2)
<b>C1</b>	Ri1(S2)	2(S3)	2/1	1(S2)
<b>C2</b>	Ri1(S2)	1(S2)	1/1	2(S2)
<b>Po 48h expozice v korozní komoře</b>				
<b>A1</b>	Ri4(S4)	4(S4)	2/3	3(S3)
<b>A2</b>	Ri4(S3)	4(S3)	3/3	3(S3)
<b>B1</b>	Ri1(S2)	1(S3)	2/2	3(S4)
<b>B2</b>	Ri1(S1)	1(S2)	1/2	2(S4)
<b>C1</b>	Ri2(S2)	3(S3)	2/1	3(S3)
<b>C2</b>	Ri2(S2)	2(S2)	1/1	2(S2)
<b>Po 72h expozice v korozní komoře</b>				
<b>A1</b>	Ri4(S4)	5(S4)	4/2	3(S3)
<b>A2</b>	Ri4(S4)	4(S3)	4/2	3(S3)
<b>B1</b>	Ri1(S2)	1(S3)	2/1	4(S4)
<b>B2</b>	Ri1(S1)	1(S2)	2/1	3(S4)
<b>C1</b>	Ri3(S3)	4(S3)	2/1	3(S3)
<b>C2</b>	Ri2(S2)	3(S2)	2/1	3(S3)

*Tab. 25 Vyhodnocení degradace nátěrů dle ČSN EN ISO 4628*

## 8.11. Zhodnocení korozní zkoušky

Zkouška byla vyhodnocena dle ČSN EN ISO 4628. Po celou dobu korozní zkoušky byl sledován charakter a rozsah korozního napadení na vzorcích. Z fotodokumentace vzorku (kapitola 8.12 nebo příloha č. 1) byl pak navíc ještě kontrolován.

Výsledky experimentální zkoušky korozní odolnosti nátěrů u vzorků bez řezu po 72h v korozní komoře nám ukazují, že nejhůře dopadly u degradace nátěrů vzorky trub, a to jak s příměsí 5 - 10%, tak i 2 - 6% fosfátu zinku ZP10. Nátěr na vzorcích vykazoval značný až hustě pokrytý povrch defekty, některé o velikosti až 5mm tedy stupeň 4. Stejně tak prorezavění bylo velmi intenzivní na stupni Ri4 dle ČSN EN ISO 4628. Jak už bylo řečeno, nejspíš to je zapříčiněno neúpravou povrchu substrátu před aplikací nátěru. Nátěr aplikovaný na vzorky válcované s příměsí 2 - 6% ZP10 měl nejlepší výsledky. Puchýřkování a prorezavění bylo minimální, téměř nevýznamné na stupni 1(S2) dle ČSN EN ISO 4628. Avšak zde byla zaznamenána mírná, ale zřetelná změna odstínu, tzv. křídování. Vzorky válcované s příměsí 5 - 10% ZP10 vykazovaly sice malý počet puchýřků ale o něco většího rozsahu, viditelné prostým okem (vady do 0,5 mm). Prorezavění byla minimální ale za to značná změna odstínu. Potvrdila se tedy věta z kapitoly 8.4.4, že vzorky válcované, se budou jevit jako nejideálnější podkladový materiál pro kvalitní přilnavost nátěru. Navíc u vzorků válcovaných bude znatelně lepší korozní odolnost, jelikož vzorky broušené – STANDARD vykazovaly horší výsledky v oblasti puchýřkování i v oblasti prorezavění (cca o 15 - 25%) a vzorky trub o více jak 50%.

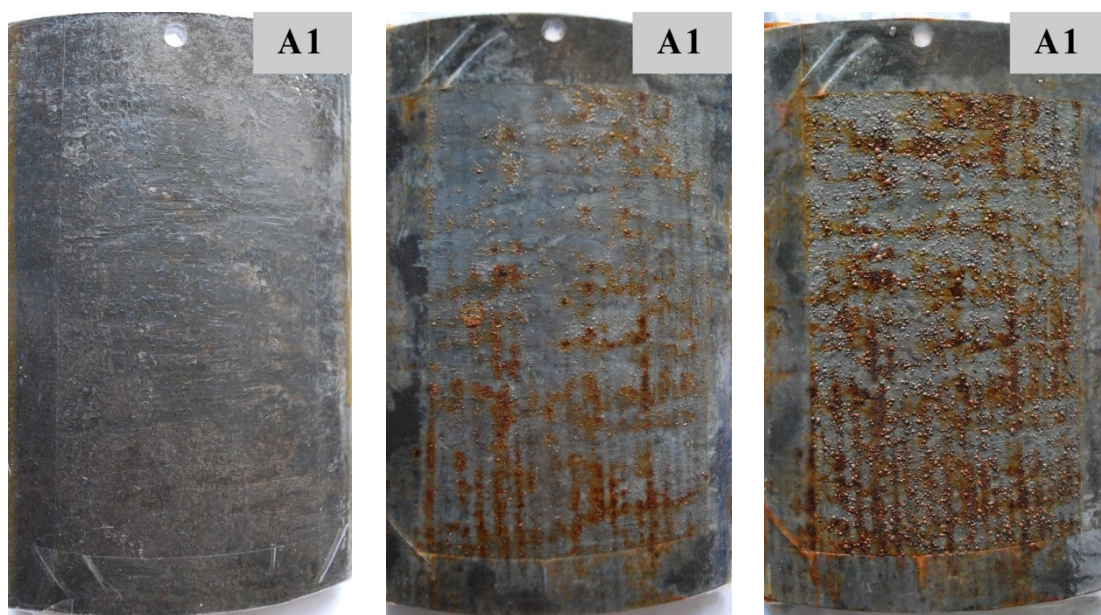
U vyhodnocování degradace nátěrů u vzorku s řezem (samotný řez a cca 1 cm okolo řezu) vypovídá, že celkově lepších výsledky dosahovali vzorky s aplikací nátěru s příměsí 2 - 6% ZP10 tedy vzorky A2, B2 a C2. Nátěr na trubách vykazoval mírný počet menších defektů do 0,5 mm v oblasti kolem řezu dle normy ČSN EN ISO 4628-1. Značné prorezavění se vyskytovalo v těsné blízkosti řezu, dále pak v mírném množství v ražbě. Delaminace, neboli ztráta přilnavosti povlaku, byla zhodnocena stupněm 2, tedy malá. Poměrně více puchýřků v okolí řezu měl vzorek STANDARD než válcovaný vzorek, avšak velikost jednotlivých puchýřků byla u válcovaných vzorků ve větší míře. Stupeň prorezavění se u obou typů vzorku a nátěru shodoval. Delaminace byla zhodnocena stupněm 1 u obou vzorků, tedy velmi malá. U těchto vzorků se objevila i mírná, ale zřetelně rozpoznatelná změna odstínu, tedy křídování v okolí řezu. Můžeme tedy říct, že vzorky válcované se jeví opět jako nejideálnější, avšak musíme brát v potaz sice málo defektů ale větších rozměrů v okolí řezu. Mírný rozdíl oproti válcovanému podkladu vykazoval podklad broušený - STANDARD, který se hodnotově přibližoval k válcovanému podkladu. Nejhorší výsledky vykazovaly vzorky trub.



## 8.12. Fotodokumentace vzorků s nátěry na začátku po 24 hodinách a na konci cyklu v korozní komoře

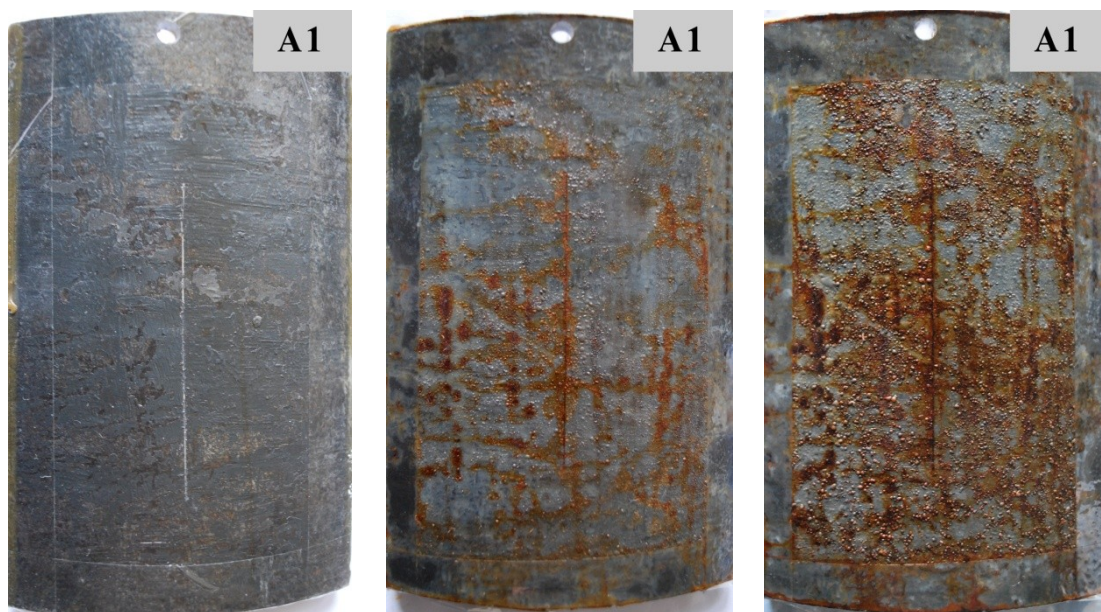
### 8.12.1 Vzorky trub

#### Vzorky bez řezu s příměsí 5-10% fosfátu zinku ZP10



*Obr. 33 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích trub bez řezu před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře*

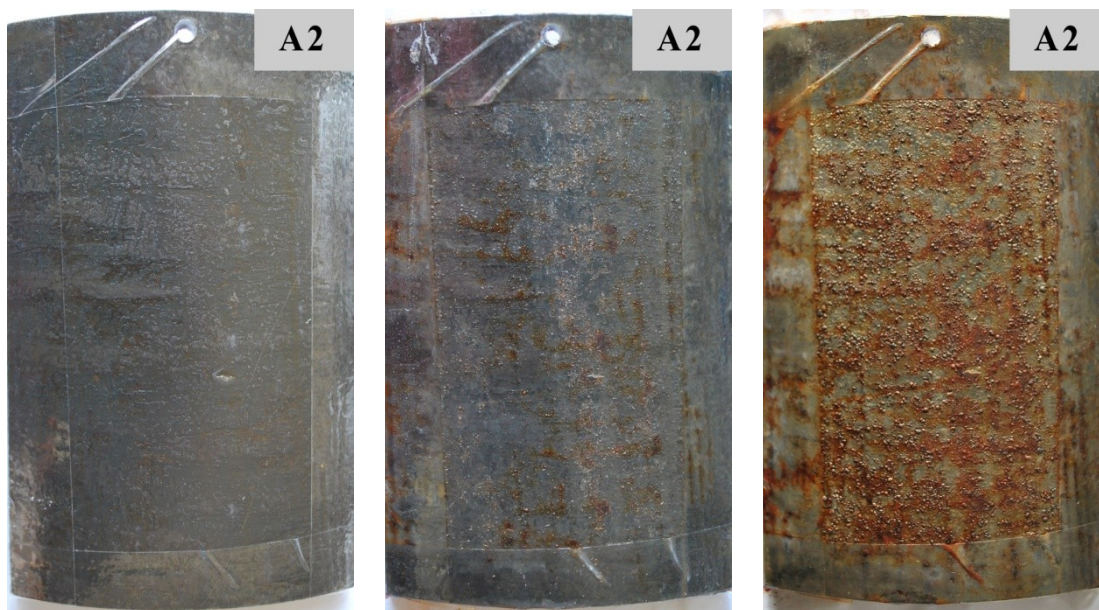
#### Vzorky s řezem s příměsí 5-10% fosfátu zinku ZP10



*Obr. 34 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích trub s řezem před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře*

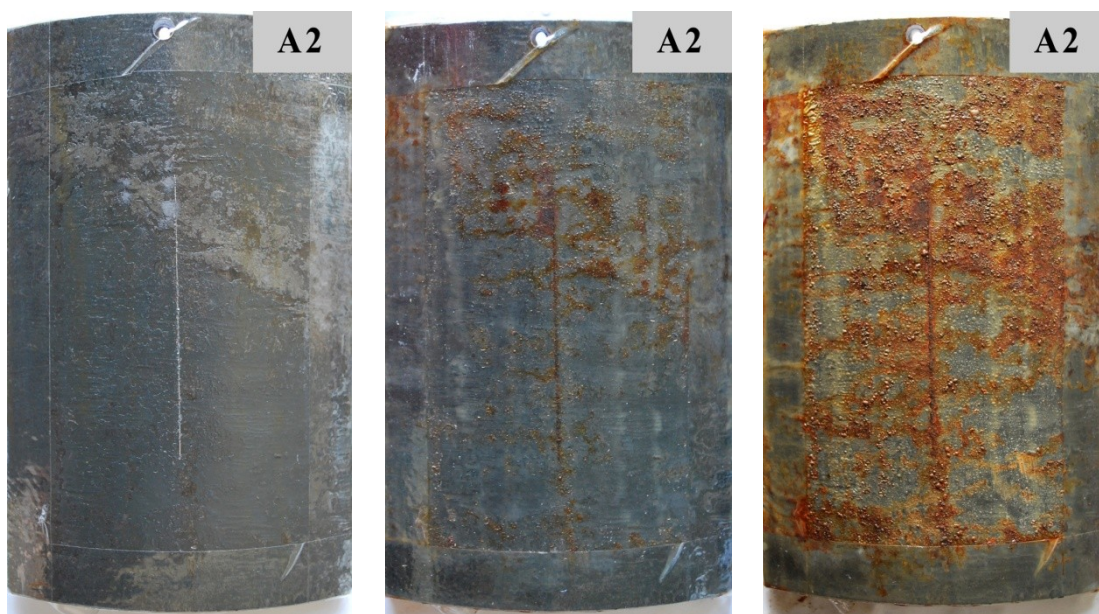


## Vzorky bez řezu s příměsí 2-6% fosfátu zinku ZP10



*Obr. 35 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích trub bez řezu před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře*

## Vzorky s řezem s příměsí 2-6% fosfátu zinku ZP10

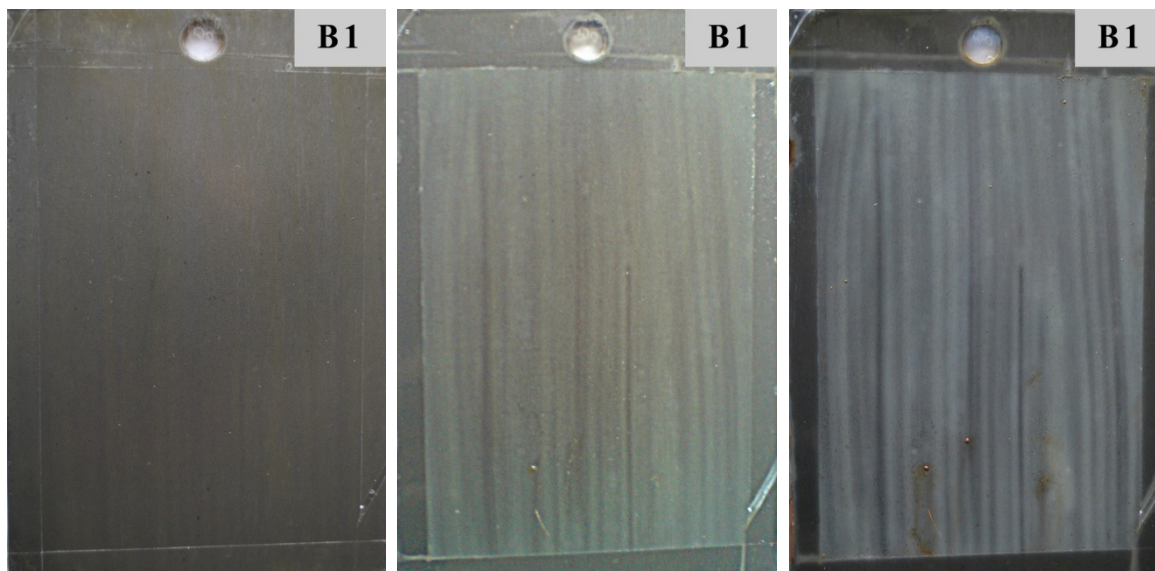


*Obr. 36 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích trub s řezem před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře*



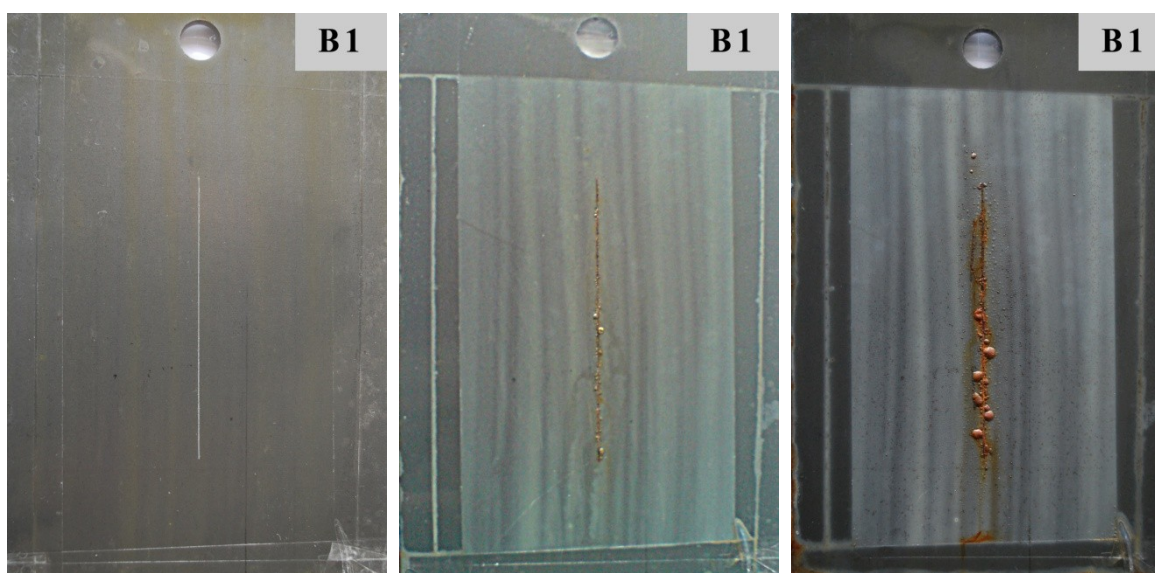
## 8.12.2 Vzorky válcované

### Vzorky bez řezu s příměsí 5-10% fosfátu zinku ZP10



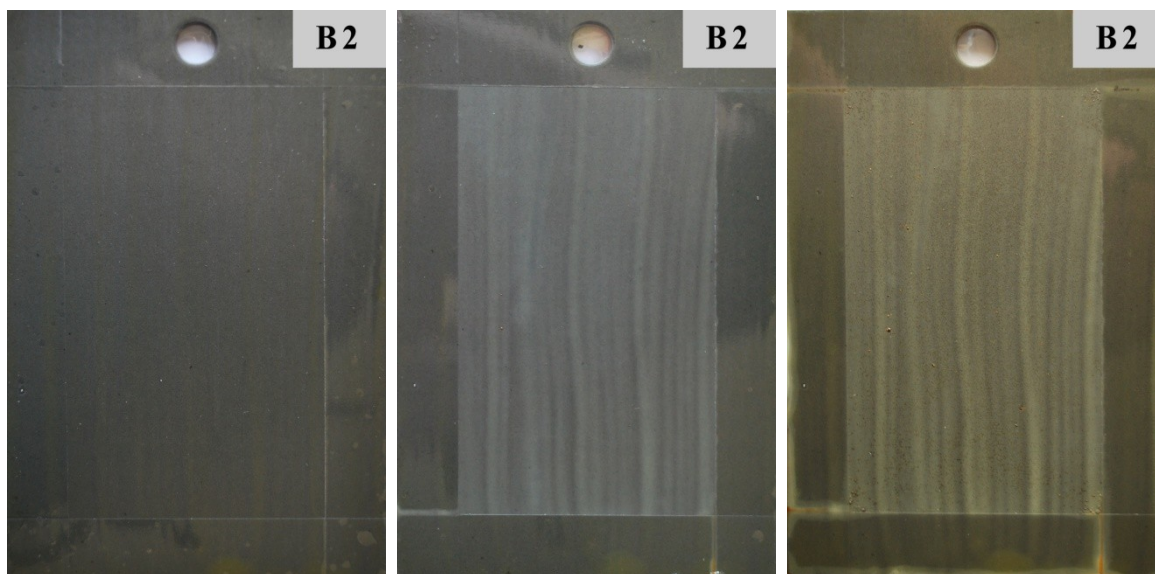
*Obr. 37 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích válcovaných bez řezu před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře*

### Vzorky s řezem s příměsí 5-10% fosfátu zinku ZP10



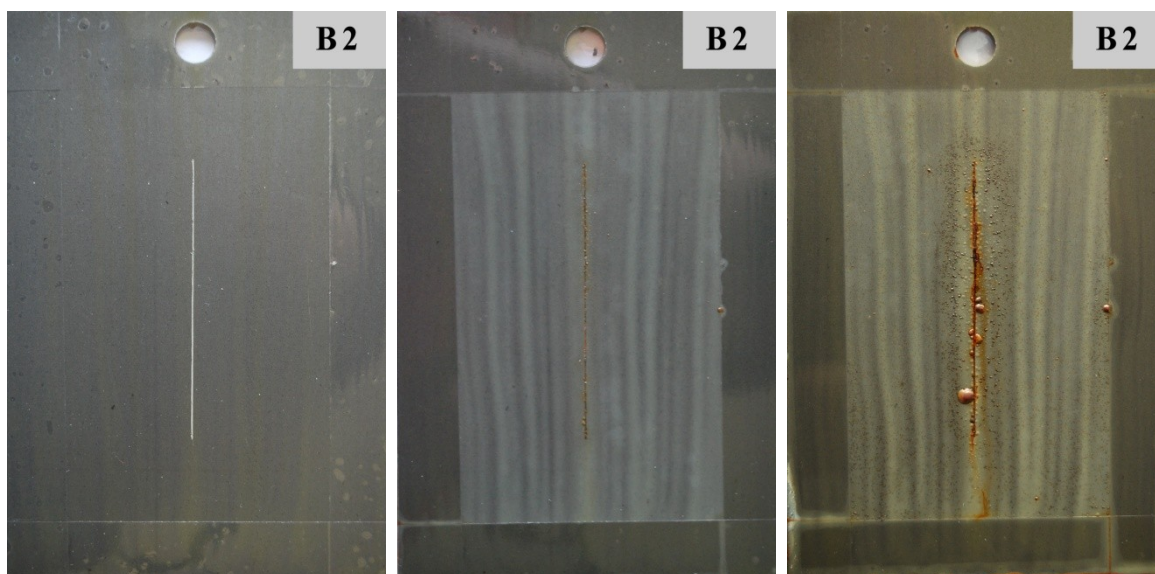
*Obr. 38 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích válcovaných s řezem před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře*

## Vzorky bez řezu s příměsí 2-6% fosfátu zinku ZP10



*Obr. 39 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích válcovaných bez řezu před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře*

## Vzorky s řezem s příměsí 2-6% fosfátu zinku ZP10

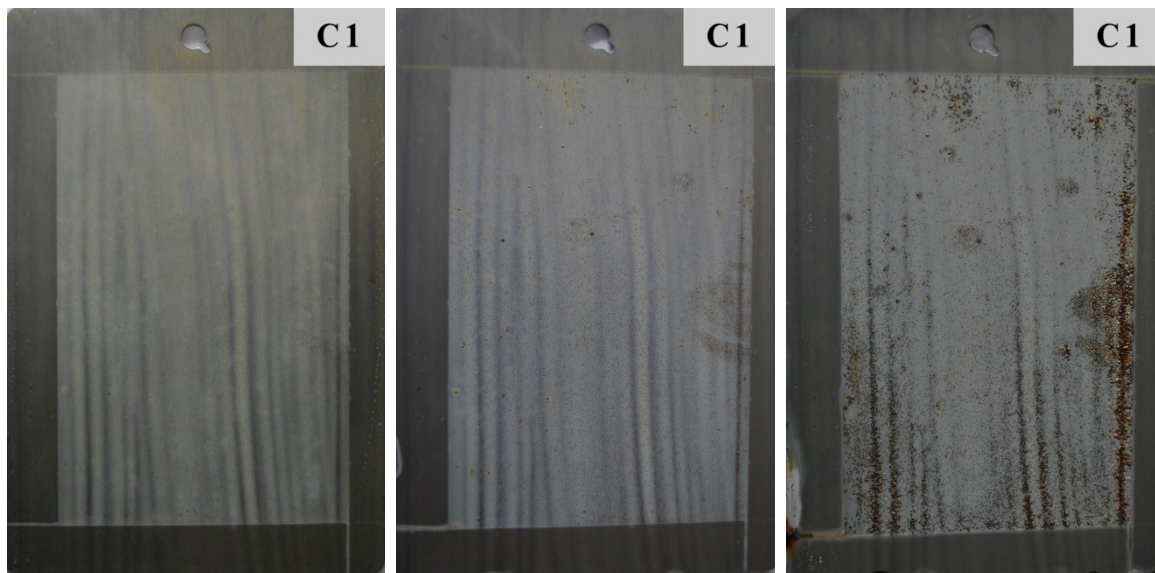


*Obr. 40 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích válcovaných s řezem před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře*



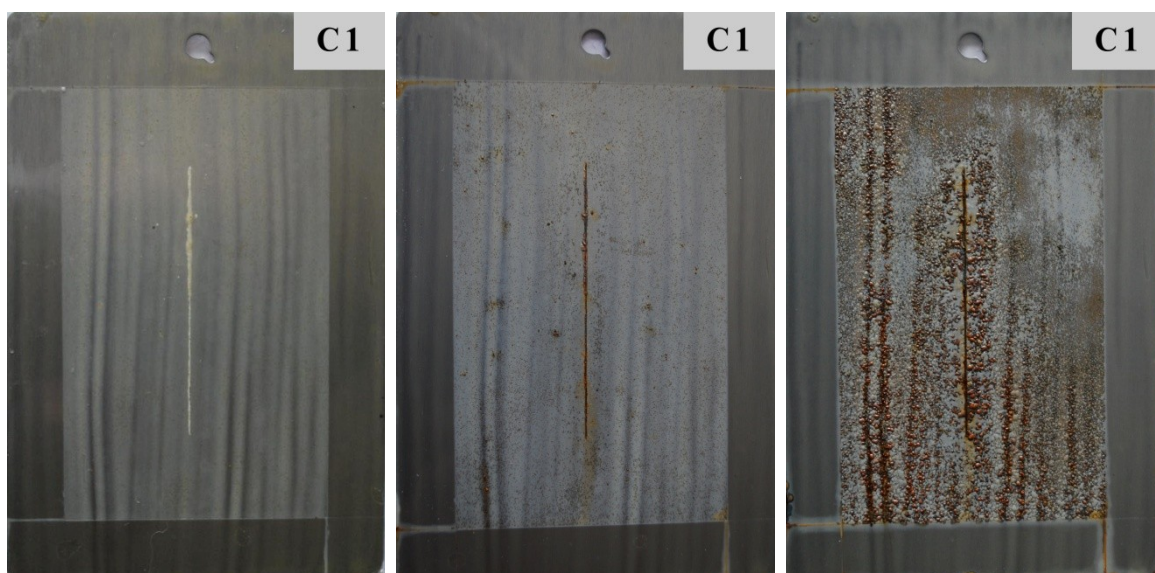
## 8.12.3 Vzorky broušené – STANDARD

### Vzorky bez řezu s příměsí 5-10% fosfátu zinku ZP10



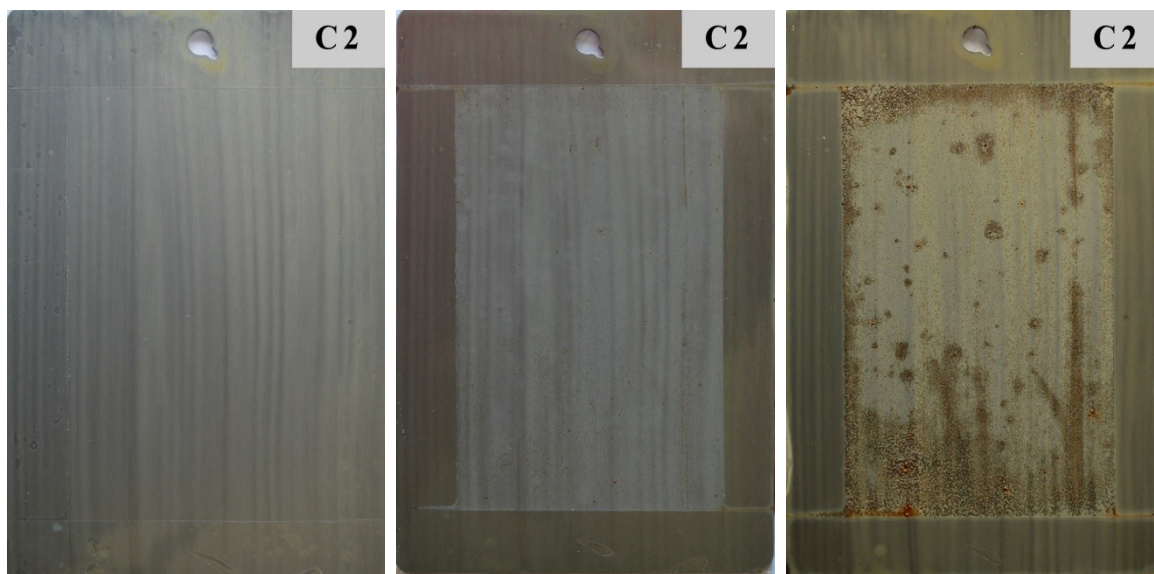
*Obr. 41 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích STANDARD bez řezu před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře*

### Vzorky s řezem s příměsí 5-10% fosfátu zinku ZP10



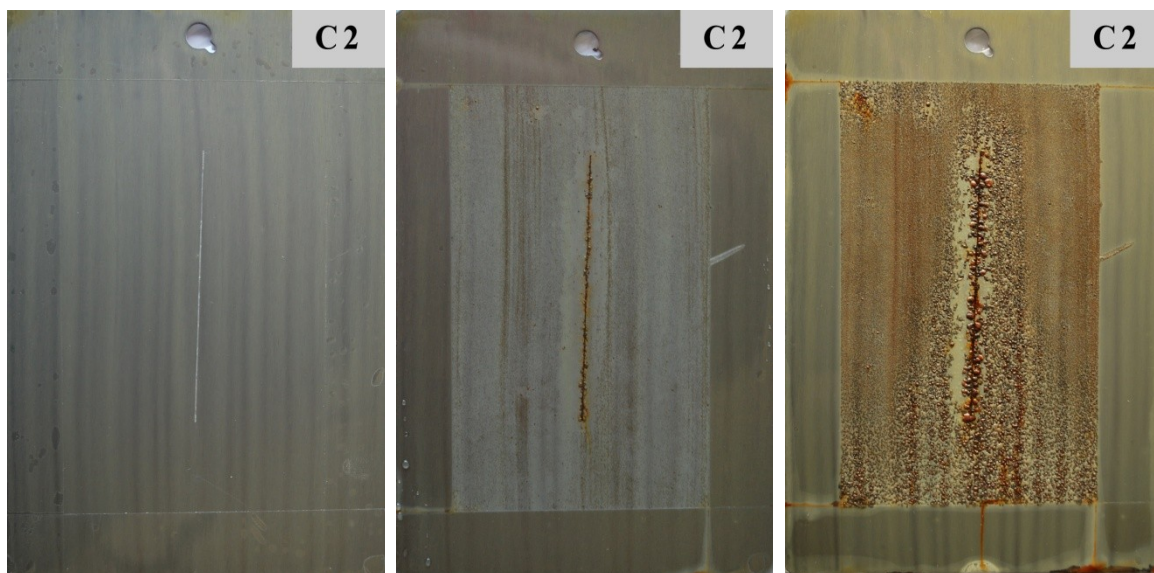
*Obr. 42 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích STANDARD s řezem před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře*

## Vzorky bez řezu s příměsí 2-6% fosfátu zinku ZP10



*Obr. 43 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích STANDARD bez řezu před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře*

## Vzorky s řezem s příměsí 2-6% fosfátu zinku ZP10



*Obr. 44 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích STANDARD s řezem před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře*

## 9 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá studiem vlivu reliéfu ocelového substrátu na adhezi ochranných povlaků. V úvodu jsme se seznámili s pomocí nashromážděných materiálů a informací s teorií samotného povrchu, technologií úpravy substrátu před aplikací organických povlaků, dále pak s technologiemi nanášení organických povlaků a také možné vzniklé vady povlaku. V závěru teoretické části je také zmíněna problematika koroze.

V praktické části bylo za úkol porovnat tři druhy povrchu s dvěma druhy nátěrového systému a hodnotit kvalitu a přilnavost nátěrového systému při působení korozního prostředí. Vzorky byly následující: Truby dodané firmou VÁLCOVNA TRUB TŽ, a.s., válcované plechy za tepla dodané firmou VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s. a broušené vzorky STANDARD dodané firmou LABIMEX CZ s.r.o. Nátěrový systém zde působí jako krátkodobá ochrana materiálu ocelového podkladu před korozí, kde jeden typ byl transparentní lak na bázi alkydové pryskyřice s příměsí 5 -10% fosfátu zinku ZP10 o velikosti v mikrometrech a druhý transparentní lak na bázi alkydové pryskyřice s příměsí 2 - 6% fosfátu zinku ZP10 o velikosti v mikrometrech.

V rámci experimentální zkoušek byly provedeny chemické rozboru materiálu, zkoušky zaprášení povrchu, měření drsnosti a kotvícího profilu. Rozborem chemie povrchu trub byl zjištěn zvýšené procento uhlíku (18%) a oxidů z důvodů okují (23%), což odpovídá tepelnému zpracování, kde povrch nebyl ošetřen před aplikací nátěru. Důsledkem zhoršení přilnavosti nátěru může být právě zvýšený obsah uhlíku ve vrstvě, kde tento uhlík ovlivňuje přilnavost systému, což se i u zkoušek projevilo. Naopak STANDARD vzorek vykazoval nejlepší vlastnosti, jelikož obsahoval pouze prvek Fe a povrch válcovaný vykazoval pouze zvýšené procento oxidů, které nám mohou ovlivnit životnost povlaku vlivem možného začínajícího korozního napadení. Při hodnocení zaprášení povrchu (viz kapitola 8.3) nám nejlépe z použitých vzorků vyšel vzorek broušený – STANDARD jak na stupeň znečištění (stupeň 1), tak i ve velikosti prachových částic (stupeň 0). Měl by mít tedy dobré vstupní vlastnosti pro ukotvení požadovaného nátěrového systému. Dále pak vzorky válcované, kde stupeň znečištění i velikost prachových částic se rovnal druhému stupni dle ČSN ISO 8502-3.

U hodnocení parametrů drsnosti  $R_a$  a  $R_z$  nám nejlépe vyšel dle dosažených výsledků vzorek STANDARD, jak je zřejmé z kapitoly 8.4.4, kde parametr  $R_z = 2,02 \mu\text{m}$  a  $R_a = 0,31 \mu\text{m}$ . Hodnoty u trub se rovnaly  $R_z = 38,37 \mu\text{m}$  a hodnota  $R_a = 6,77 \mu\text{m}$ . U vzorků válcovaných byla průměrná hodnota  $R_z = 5,77 \mu\text{m}$  a  $R_a = 1,02 \mu\text{m}$ . Dle dosažených výsledků se domnívám, že právě válcovaný vzorek bude ideální pro kvalitní ukotvení nátěrového systému a pro požadovanou korozní ochranu. Měla by zde být i ideální spotřeba nátěru. Vzorek trub nebude ideální, jelikož hodnota  $R_z = 38,37 \mu\text{m}$  je vysoká a tudíž by se nátěrem nezakryla kvalitně celá plocha substrátu z důvodu právě velkých nerovností (výstupky, rýhy...) na povrchu substrátu.

Dále po aplikaci nátěrového systému a po jejím vytvrzení se vzorky podrobily mřížkové zkoušce a zkoušce křížového řezu. Po vyhodnocení obou zkoušek nám nejlépe dopadly u obou typů nátěrů STANDARDY, kde všechny výsledky vyšly na stupni 0, tedy velmi dobře dle obr. 32, dále pak vzorky válcované, kde některé výsledky vyšly na stupni 1. Nejhuře pak vzorky trub, které vyšly na stupeň poškození 3 dle ČSN ISO 1627-2, která se odkazuje na ČSN ISO 2409. Jak je již zmíněno, aplikované nátěrové systémy mají sloužit jako krátkodobá ochrana ocelového podkladu. Tudíž jsme dle tab. 24 vypočetli korozní odolnost, kde 72 h expozice v korozní komoře odpovídá skutečnému koroznímu prostředí cca 1 rok. Po vyjmutí a vyhodnocení vzorků z korozní komory nám vyplynulo, že jako podklad pod nátěrový systém je nejvhodnější povrch válcovaný, kde rozdíl u vzorků bez řezu mezi nátěrem s příměsí 5 - 10% a 2 - 6% ZP10 je nepatrný, až na počet puchýřků dle ČSN EN ISO 4628. Naopak vzorky trub nám vyšly velmi špatně, což je způsobeno neúpravou povrchu materiálu (viz kapitola 8.11). Nejlepších výsledků pro vzorky s řezem vykazovaly vzorky válcované a STANDARDY. Válcované vzorky vykazovaly menší počet defektů okolo řezu, ale většího rozsahu. Na rozdíl od STANDARDŮ, kde defektu bylo více za to menší velikosti. U vzorků trub vykazoval povrch velmi agresivní napadení u všech druhů nátěru, což je způsobeno už zmiňovaným nevhodným povrchem substrátu.

Z výsledku lze usuzovat, že korozní odolnost a přilnavost nátěru bylo nejvhodnější u válcovaného podkladu a mírný rozdíl oproti válcovanému podkladu vykazoval podklad broušený - STANDARD, který se hodnotově přibližoval k válcovanému podkladu. Nejhorší výsledky vykazovaly vzorky trub. Z tohoto důvodu doporučuji zajistit před aplikací nátěrového systému u trub očištění povrchu.



## Seznam použitých pramenů

- [1] PODJUKLOVÁ, Jitka. Speciální technologie povrchových úprav I. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1994. 76 s. ISBN 80-7078-23
- [2] PODJUKLOVÁ, Jitka - LANÍK, Tomáš - HRABOVSKÁ, Kamila - DOBROVODSKÁ, Lenka – PELIKÁNOVÁ, Kateřina – MENŠIKOV, Viktorovič Vladimír. Vývojové trendy v použití ochranných povlaků. [online]. 2009. [cit. 2011-1-10]. URL: <<http://nanocon.cz/data/metal2009/sbornik/Lists/Papers/036.pdf>>
- [3] MOHYLA, M. Technologie Povrchových úprav kovů 3. vyd. VŠB Ostrava 2006. 156 s. ISBN 80-248-1217-7 Kapitola 3.1, 4.3, 4.4.
- [4] BUMBÁLEK, L.; BUMBÁLEK, B.: Pokrokové trendy v hodnocení textury povrchu, Kvalita a Geometrické specifikace produktů, Vol.1, (2005), No.1, pp.3, ISSN 1801-5352, VUT Brno
- [5] LANÍK, T. Studium vlivu znečištění kovového povrchu na kvalitu ochranného nátěru. Ostrava, 2006. 57 s., Bakalářská práce na Strojní fakultě VŠB – Technické univerzity v Ostravě na katedře Mechanické technologie. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jitka Podjuklová, Cs
- [6] TICHÁ, Šárka. Strojírenská metrologie, část 1. Učební texty VŠB-TU Ostrava, 2008, 1.vyd. 112 s. ISBN 978-80-248-0671-6
- [7] POLEDNO, M.; KALEDOVÁ, A. Antikorozi pigmenty pro ekologické nátěrové hmoty. CHEMagazín. 2002, XII, 3, s. 10-12. ISSN 1210-740
- [8] SUCHÁNKOVÁ, Kateřina. Studium vlivu povrchové úpravy kovového substrátu pro aplikaci povlaku obsahující nanočástice. Ostrava: 2010, 85 s. Diplomová práce na VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, katedra mechanické technologie, vedoucí bakalářské práce Podjuklová J.

- [9] KRAUS, V. Povrchy a jejich úpravy. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. 174 s. ISBN 80-7082-668-1
- [10] POLANSKÝ, Ladislav. Studium vlivu reliéfu povrchu ocelového substrátu na přilnavost ochranných povlaků. Ostrava: 2010, 59 s. Bakalářská práce na VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, katedra mechanické technologie, vedoucí bakalářské práce Podjuklová J.
- [11] SOUSEDÍK, Radim. Hodnocení kvality PVD povlaku na nástrojích. Ostrava: 2009, 60 s. Bakalářská práce na VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, katedra mechanické technologie, vedoucí bakalářské práce Podjuklová J.
- [12] ČSN EN ISO 8510-1: Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [13] Katedra strojírenské technologie technické univerzity v Liberci [online]. 2010 [cit. 2011-02-12]. Povrchy povlaků - mikrogeometrie. Dostupné z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/spt/povrchy%20povlaku.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/povrchy%20povlaku.pdf)>
- [14] FLEXIobklady.cz [online]. 2011 [cit. 2011-02-22]. Sekaný drát. Dostupné z WWW: <http://www.flexiobklady.cz/produkty-pisek.php>
- [15] COMPREX cz s.r.o. [online]. 2011 [cit. 2011-02-22]. Sekaný drát. Dostupné z WWW: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/nerezovy-granulat/nerezovy-sekany-drot.html>
- [16] SLEZKÝ KÁMEN a.s. [online]. 2011 [cit. 2011-01-10]. Litinové drtě. Dostupné z WWW: [http://www.abrasive.cz/index.php?hash=4f2fa3ba4ae47f31e0771cf1ffb33945&sent=4&ID\\_zaznamy=0&show=12](http://www.abrasive.cz/index.php?hash=4f2fa3ba4ae47f31e0771cf1ffb33945&sent=4&ID_zaznamy=0&show=12)



- [17] TZS.KMM.ZCU.cz [online]. 2011 [cit. 2011-02-22]. Povrchy a jejich úpravy. Dostupné z WWW: <http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>
- [18] CHEDO.cz [online]. 2011 [cit. 2011-03-25]. Vady nátěrů projevující se při zasychání. Dostupné z WWW: <<http://www.chedo.cz/kat/Vady-nateruprojevujici-se-pri-zasychani-441/>>
- [19] VSCHT.cz [online]. 2011 [cit. 2011-03-26]. Korozní inženýrství. Dostupné z WWW:[http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/koroze/uvod.htm](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/uvod.htm)
- [20] STEFANMICHNA.com [online]. 2011 [cit. 2011-03-20]. Koroze a ochrana materiálu. Dostupné z WWW. [http://www.stefanmichna.com/download/opory/koroze\\_a\\_ochrana\\_materialu.pdf](http://www.stefanmichna.com/download/opory/koroze_a_ochrana_materialu.pdf)
- [21] Wikipedie-otevřená encyklopedie [online]. 2011 [cit. 2011-04-25]. Fosfát zinečnatý. Dostupné z WWW: <http://sr.wikipedia.org>

## Seznam tabulek

Tab. 1 Rozdělení oblasti povrchu .....	7
Tab. 2 Mechanické vlastnosti oceli S355J2H .....	30
Tab. 3 Chemické složení oceli S355J2H .....	30
Tab. 4 Mechanické vlastnosti oceli KOSMALT - E 300T .....	31
Tab. 5 Chemické složení oceli KOSMALT - E 300T .....	31
Tab. 6 Mechanické vlastnosti nízkouhlíkové oceli CRS SAE 1008/1010 .....	32
Tab. 7 Chemické složení nízkouhlíkové oceli CRS SAE 1008/1010 .....	32
Tab. 8 Třídy velikosti prachových částic dle ČSN ISO 8502-3 .....	36
Tab. 9 Vyhodnocení stupně znečištění a velikosti prachových částic dle ČSN ISO 8502-3 .....	36
Tab. 10 Naměřené parametry drsnosti – vzorek trub.....	38
Tab. 11 Naměřené parametry drsnosti – vzorky plechu válcovaného za tepla.....	39
Tab. 12 Naměřené parametry drsnosti – vzorky broušené STANDARD.....	40
Tab. 13 Chemický rozbor povrchu trub.....	42
Tab. 14 Chemický rozbor povrchu válcovaného .....	44
Tab. 15 Chemický rozbor povrchu broušeného .....	45
Tab. 16 Chemický rozbor mikročástic fosfátu zinku ZP10 .....	47
Tab. 17 Průměrná tloušťka mokré a suché vrstvy trub, vzorků válcovaných i broušených - STANDARD .....	50
Tab. 18 Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků TRUB.....	53
Tab. 19 Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků VÁLCOVANÝCH .....	55
Tab. 20 Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků broušených - STANDARD.....	57
Tab. 21 Vyhodnocení křížového řezu u vzorků trub .....	58
Tab. 22 Vyhodnocení křížového řezu u vzorků válcovaných .....	59
Tab. 23 Vyhodnocení křížového řezu u vzorků broušených- STANDARD .....	60
Tab. 24 Návrh výpočtu korozní odolnosti .....	62
Tab. 25 Vyhodnocení degradace nátěrů dle ČSN EN ISO 4628 .....	64

## Seznam obrázků

Obr. 1 Schéma nerovností povrchu různého druhu .....	8
Obr. 2 Profil povrchu .....	9
Obr. 3 Parametr Rz .....	10
Obr. 4 Parametr Ra .....	10
Obr. 5 Parametr Rq .....	10
Obr. 6 a) křemičitý písek, b) sekaný drát, c) litinová drť .....	13
Obr. 7 Porovnání materiálu vlivem omílání před a po aplikaci .....	15
Obr. 8 Fosforečnan zinečnatý .....	20
Obr. 9 Ukázka nanášení nátěru štětcem .....	22
Obr. 10 Schéma navalovacího zařízení se třemi válci .....	23
Obr. 11 Schéma nanášení máčením .....	23
Obr. 12 Druhy koroze .....	27
Obr. 13 a) Fotodokumentace povrchu vzorku, b) detail povrchu .....	33
Obr. 14 Povrch vzorku trub- zvětšeno 100x (foceno na mikroskopu NEOPHOT) .....	33
Obr. 15 a) Fotodokumentace povrchu vzorku, b) detail válcovaného povrchu - zvětšeno 100x (foceno na mikroskopu NEOPHOT) .....	34
Obr. 16a) Fotodokumentace povrchu broušeného vzorku, b) Povrch broušeného vzorku- zvětšeno 100x (foceno na mikroskopu NEOPHOT) .....	34
Obr. 17 Obrazová stupnice odpovídající množství prachu dle ČSN ISO 8502-3 .....	35
Obr. 18 Přenosný měřicí drsnoměr s ovládacím displejem MITUTOYO SurfTest SJ-301 .....	37
Obr. 19 Grafický záznam profilu drsnosti pro vzorek trub .....	39
Obr. 20 Grafický záznam profilu drsnosti pro vzorky plechu válcovaného za tepla .....	40
Obr. 21 Grafický záznam profilu drsnosti pro vzorky broušené STANDARD .....	41
Obr. 22 Vyjádření chemického rozboru povrchu trub, graficky v píčích .....	43
Obr. 23 Detail povrchu trub (foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 500x) .....	43
Obr. 24 Vyjádření chemického rozboru povrchu válcovaného, graficky v píčích .....	44
Obr. 25 Detail povrchu válcovaného (foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 350x) .....	45
Obr. 26 Vyjádření chemického rozboru povrchu broušeného, graficky v píčích .....	45
Obr. 27 Detail povrchu broušeného (foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 500x) .....	46

# DIPLOMOVÁ práce

---

Obr. 28 Vyjádření chemického rozboru mikročástic fosfátu zinku ZP10, graficky v píčích .....	48
Obr. 29 Fotodokumentace shluků mikročástic fosfátu zinku,(foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 5000x ) .....	48
Obr. 30 Hřebenová měrka od firmy BASTRO .....	49
Obr. 31 Digitální tloušťkoměr ELCOMETR 456 .....	50
Obr. 32 Klasifikace zkušebních výsledků mřížkové zkoušky dle ČSN ISO 1627-2.....	51
Obr. 33 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích trub bez řezu před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře .....	66
Obr. 34 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích trub s řezem před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře .....	66
Obr. 35 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích trub bez řezu před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře .....	67
Obr. 36 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích trub s řezem před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře .....	67
Obr. 37 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích válcovaných bez řezu před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře .....	68
Obr. 38 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích válcovaných s řezem před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře .....	68
Obr. 39 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích válcovaných bez řezu před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře .....	69
Obr. 40 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích válcovaných s řezem před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře .....	69
Obr. 41 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích STANDARD bez řezu před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře .....	70
Obr. 42 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích STANDARD s řezem před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře .....	70
Obr. 43 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích STANDARD bez řezu před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře .....	71
Obr. 44 Fotografické snímky degradace nátěrů na vzorcích STANDARD s řezem před, po 24h a na konci procesu v korozní komoře .....	71

## **Seznam příloh**

Příloha č1. Fotodokumentace degradace nátěrů